

Aus dem Veterinär-Anatomischen Institut
der Universität Zürich
(Direktor: Prof. Dr. J. Frewein)

Arbeit unter der Leitung von PD Dr. H. Geyer

ZUM MIKROSKOPISCHEN BAU DER EPIDERMIS AN UMSCHRIEBENEN
STELLEN DES PFERDEHUFES

INAUGURAL-DISSERTATION
zur Erlangung der Doktorwürde
der Veterinär-Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

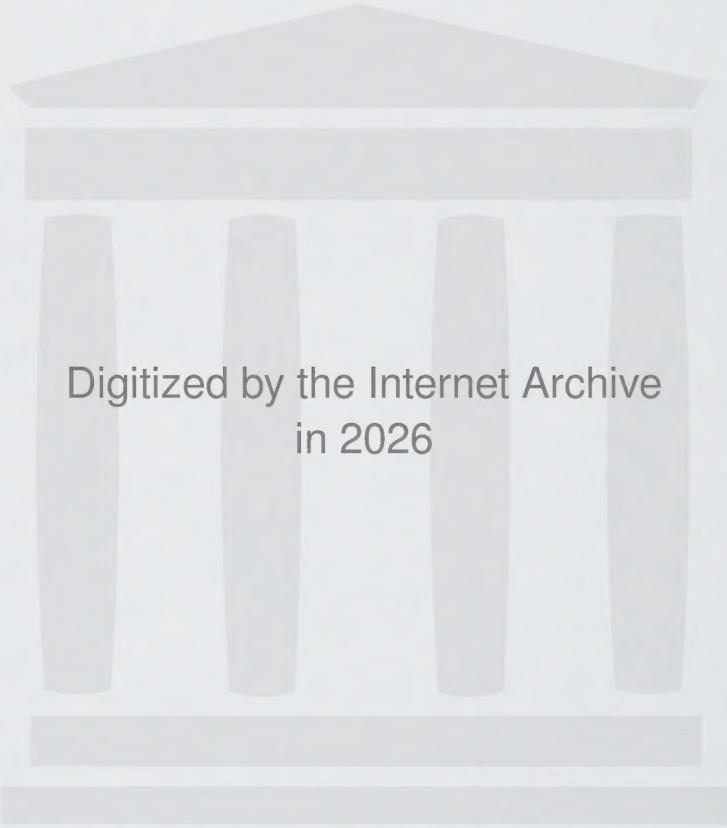
vorgelegt von
KATHARINA BUCHER
Tierärztin
von Humlikon/ZH

Genehmigt auf Antrag von
Prof. Dr. J. Frewein, Referent
Prof. Dr. A. Pospischil, Korreferent

Zürich 1987

Druckerei Herbstritt
Wutöschingen, BR-Deutschland

Meinen lieben Eltern gewidmet



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I EINLEITUNG	2
II MATERIAL UND TECHNIK	5
III BEFUNDE	6
MAKROSKOPISCHE BEFUNDE	6
MIKROSKOPISCHE BEFUNDE	8
A Grundlegendes zum mikroskopischen Bau der Epidermis	8
B Besonderheiten der einzelnen Segmente	10
1 Saumsegment	10
2 Kronsegment	12
3 Wandsegment	16
4 Uebergangsbereich Wand-Sohle	18
5 Trachtenbereich	20
6 Eckstreben	21
7 Sohlensegment	23
8 Strahl und Ballen	24
9 Zahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit	25
IV DISKUSSION	28
MAKROSKOPISCHE BEFUNDE	28
MIKROSKOPISCHE BEFUNDE	30
A Grundlegendes zum mikroskopischen Bau der Hufepidermis	31
B Besonderheiten der einzelnen Segmente	36
C Schlussbemerkungen	47
V ZUSAMMENFASSUNG	49
VI LITERATURVERZEICHNIS	50
VII ABBILDUNGEN	
VIII DANKSAGUNG	
IX LEBENS LAUF	

I. EINLEITUNG

Das englische Sprichwort "no hoof - no horse", "ohne (gute) Hufe kein Pferd", sagt unmissverständlich, wie wichtig gerade dieses Organ auch beim Pferd ist. Viele Pferde leiden an chronischen Hufproblemen und zeigen oft sprödes oder bröckliges Horn mit starken Ausbrüchen im Tragrandbereich, die häufig zu erheblichen Schwierigkeiten beim Hufbeschlag führen. Aus der Sicht des Hufschmiedes und des Klinikers sind solche Hufschäden vielfach die Folge einer schlechten Hufhornqualität. Es ist jedoch sehr schwierig, die Hufhornqualität und deren Veränderungen korrekt zu erfassen.

In den letzten Jahren suchte man vermehrt nach Merkmalen oder Parametern, die zur Beurteilung der Hornqualität von Hufen oder Klauen geeignet sind (BUTLER und HINTZ, 1977; LEOPOLD und PRIETZ, 1980; WEBB et al., 1984; von SCHULENBURG et al., 1986). Will man, wie vor allem in jüngster Zeit, die Hufhornqualität durch medikamentöse Behandlungen verbessern, so wird die Frage nach geeigneten Merkmalen zur Beurteilung der Hornqualität besonders aktuell. So berichten COMBEN et al. (1984), HURTIENNE (1985) und WINTZER (1986) nach Langzeitbehandlungen von Pferden mit Biotin auf Grund ihrer makroskopisch-klinischen Beurteilungen über erfreuliche Besserungen des Hufzustandes. Unter anderem wurde bei Biotinbehandlung die Konsistenz des Hornes palpatorisch fester und die Zahl sowie der Schweregrad von Rissen und Ausbrüchen an der Hornwand gingen zurück. Nach diesen ermutigenden Resultaten entstand der Wunsch, in einem späteren Behandlungsversuch mit Biotin an Pferden (LEU, 1987) weitere Merkmale als die makroskopisch-klinische Bewertung zur Beurteilung der Hufhornqualität einzubeziehen. Durch histologische Untersuchungen von Hornproben, die an bestimmten Stellen entnommen wurden, sollte auch Einblick über den Zustand des Hornes im mikroskopischen Bereich gewonnen werden.

Zur Beurteilung des mikroskopischen Zustandes von Hufhornproben sind genaue Kenntnisse über den histologischen Bau des normalen Hufhorns der betreffenden Stelle unerlässlich. Die grundlegenden Untersuchungen des mikroskopischen Baus der Hufröhrchen stammen von NICKEL (1938) und von WILKENS (1964), der vergleichend zu den Klauenröhrchen des Rindes sich erneut mit den Hufröhrchen des Pferdes befasste. Beide Autoren gehen intensiv auf die Zusammenhänge zwischen der Struktur und den auf das Horn einwirkenden Belastungskräften ein. Die Arbeiten von ZIEGLER (1951) und ERNST (1954) befassen sich mit der Entstehung des Hufhorns, insbesondere der Hufhornblättchen. BUDRAS und PREUSS (1979) sowie LEACH und OLIPHANT (1983) untersuchten auch die Ultrastruktur der Epidermisblättchen.

Trotz der intensiven Untersuchungen an bestimmten Strukturen des Pferdehufes, fehlt bis jetzt noch eine vergleichende Darstellung des histologischen Baus von Epidermis und Corium an definierten Lokalisationen des Pferdehufes. Es war daher das Ziel dieser Arbeit, den mikroskopischen Bau von Epidermis und Corium an 14 Stellen des Pferdehufes (Abb.1-2) zu untersuchen, um eine Grundlage der Normalbefunde zur Beurteilung pathologisch-histologischer Veränderungen zu schaffen. Durch die Darstellung und Beschreibung des histologischen Normalbefundes bestimmter Stellen des Hufes wird es möglich, eine Bewertung des histologischen Baus einer fraglichen Hornprobe vorzunehmen.

Die korrekte Erfassung, besonders der patho-histologischen Befunde, gibt zusammen mit physikalischen Prüfungen der Festigkeit (z.B. im Zerreißversuch) oft die richtige Erklärung, warum im betreffenden Fall die Festigkeit des Horns erniedrigt ist (GEYER et al. 1986). Vergleichende physika-

lische Untersuchungen zwischen histologisch unveränderten und veränderten Hornproben können mithelfen, die Auswirkungen von Strukturveränderungen auf die Festigkeit des Horns zu erfassen.

Die vorliegende Arbeit möchte ähnlich wie die histologischen Untersuchungen von ROSSKOPF (1986) an der Schafklaue und von GEYER (1980) an der Schweineklaue einen Ueberblick über den histologischen Bau verschiedener Stellen des Pferdehufes geben und ein möglichst korrektes Bild des Sollzustandes der Mikrostruktur der Hufepidermis des Pferdes vermitteln.

II. MATERIAL UND TECHNIK

Für die lichtmikroskopischen Untersuchungen standen Hufe von 5 Warmblutpferden im Alter zwischen 5 und 15 Jahren zur Verfügung. Es wurden nur Hufe von frisch geschlachteten Pferden verwendet, die makroskopisch keine pathologischen Veränderungen aufwiesen und in gutem Pflegezustand waren. Pro Pferd wurden an 14 definierten Lokalisationen jeweils von den Hufen vorne links und hinten rechts Gewebeproben entnommen (Abb. 1 und 2).

Die Hufe wurden bei -20° tiefgefroren und in gefrorenem Zustand mit einer Bandsäge in mittelgrosse Stücke zerlegt. Mit einer durch eine Handbohrmaschine angetriebenen Trennscheibe wurden dann aus diesen Stücken die Proben in der endgültigen Grösse mit etwa 10-20 mm Kantenlänge angefertigt. In Einzelfällen oder an bestimmten Stellen, wie im Trachtenteil, wurden auch grössere Proben hergestellt.

Alle Präparate wurden ohne vorherige Anwendung von Erweichungsmitteln im Kryostaten bei -20° geschnitten. Die ca. 10 μ m dicken Schnitte wurden schwimmend mit Hämalaun-Eosin (HE) gefärbt oder nach ROMEIS (1968) einer Alcianblau-PAS-Reaktion (AB-PAS) unterzogen. Die Schnittebenen wurden so gewählt, dass von den einzelnen Segmenten möglichst exakte Quer- und Längsschnitte entstanden. Die HE Färbung eignet sich vor allem zur Beurteilung des Papillarkörpers und der Zellkerne im Röhrchenmark. Mit der AB-PAS Färbung werden die Zellgrenzen deutlich dargestellt. Für die Hornröhrchenzählung wurden Querschnitte von definierten Stellen des Hornschuhs verwendet.

III. BEFUNDE

MAKROSKOPISCHE BEFUNDE

Das Zehenendorgan des Pferdes besteht aus zentralen Stützteilen (Knochen, Bändern und Sehnen) und einem Ueberzug aus zum Teil stark modifizierter Haut. Entsprechend der gebietsweisen Besonderheiten werden folgende Segmente unterschieden: Saum-, Kron-, Wand- und Sohlensegment, sowie das Ballensegment, das den Strahl mit einschliesst. Die Segmente gliedern sich im allgemeinen in Subcutis, Corium und Epidermis.

Die Subcutis bedeckt die zentralen Stützteile und ist in ihrer Struktur in den einzelnen Segmenten unterschiedlich ausgebildet. Am Uebergang von der Haut in den Huf bildet die Subcutis einen schwachen Saum- und etwas stärkeren Kronwulst. Im Wandsegment und ebenso im Sohlensegment entspricht sie dem Periost des Hufbeins bzw. dem Perichondrium des Hufknorpels. Die Subcutis des Ballensegmentes ist in Form eines Polsters ausgebildet, das sich sohlenwärts im Strahlpolster fortsetzt.

Das Corium der benachbarten behaarten Haut wird im Hufbereich zur Huflederhaut. Die Huflederhaut stellt die Verbindung zwischen der Epidermis und den zentralen Stützteilen dar und ernährt die Epidermis. Die Saumlederhaut (Abb. 3b) schliesst distal an den Kronrand an und ist etwa 4-6 mm breit. Palmar bzw. plantar setzt sie sich ohne Grenzen in der breiter werdenden Ballenlederhaut (3/g) fort. Distal der Saumlederhaut folgt die Kronlederhaut (3/c), mit der grössten Breite von 12-15 mm dorsal, gegen die Seite hin nimmt die Breite der Kronlederhaut allmählich ab. Die gut sichtbare Grenzlinie zwischen Saum- und Kronlederhaut entsteht durch die im Vergleich zum Saum deutlich kürzeren

Papillen der Kronlederhaut. Im Bereich der seitlichen Strahlfurche und im Eckstrebenwinkel gehen die Zotten Übergangslos in die Zotten der Sohlenlederhaut über. Distal der Kronlederhaut folgt die Wandlederhaut (3/d), die aus Primärblättchen und den für das Pferd typischen Sekundärblättchen besteht. Die Sekundärblättchen sind allerdings makroskopisch nicht sichtbar. Am Tragrand (4/b) geht die Wandlederhaut in die Sohlenlederhaut (3/i-k) über. Palmar bzw. plantar schlägt sich die Lederhaut des Kron- und Wandsegmentes in einem spitzen Winkel Richtung innen und axial um und bildet so die Lederhaut der Eckstrebe (3/h). Die Sohlenlederhaut (3/i-k) besteht aus Papillen und geht wie bereits erwähnt peripher und in den Eckstrebenwinkeln in die Wandlederhaut über. In axialer Richtung setzt sie sich in der Strahllederhaut fort. Die Strahllederhaut (3/l-n) wird ebenfalls von Papillen gebildet und geht palmar bzw. plantar ohne sichtbare Grenze in die Ballenlederhaut (3/g) über. Seitlich setzt sie sich in der Sohlenlederhaut und im Bereich der Eckstreben in der Kronlederhaut fort.

Die Hufepidermis bildet den Hornschuh des Hufes. Die Einteilung in die verschiedenen Segmente gilt auch für die Hufkapsel. Saum- Kron- und Wandhorn bilden die Hornwand (4/f-h), die eine konvexe Aussenfläche hat. Eine Unterteilung der Hornwand in 5 gleiche Teile, nämlich einen Zehenteil (4/c), der auch Vorderwand genannt wird, lateral und medial je einen Seitenteil sowie einen Trachtenteil (4/e), erscheint sinnvoll. Die Hornwand wird proximal durch den Kronrand (4/a) und distal durch den Tragrand (4/b) begrenzt. Als weisse Linie oder Zona alba wird in der vorliegenden Arbeit die Zone des Blättchenhorns am Tragrand bezeichnet. Palmar bzw. plantar schlägt sich die Hornwand nach innen und axial um und bildet so die Eckstrebe. Typisch für das Pferd ist, dass das Saumhorn (4/f, f') weicher als das Kronhorn (4/g)

ist und oft eine raue Oberfläche aufweist. Bei unbeschlagenen Pferden kann es distal bis zum Tragrand reichen. Bei der Hufpflege oder beim Hufbeschlag wird das Saumhorn in den distalen Bereichen der Hornwand abgeraspelt, so dass das Kronhorn oft nur noch in den proximalen Hufpartien von Saumhornresten (4/f') bedeckt ist.

Die Hufsohle liegt zwischen Hufwand, Eckstrebe und dem Hornstrahl. Der Hornstrahl schiebt sich keilförmig von palmar bzw. plantar in die Hufsohle ein.

MIKROSKOPISCHE BEFUNDE

A Grundlegendes zum mikroskopischen Bau der Epidermis

Die Hornröhrchen bestehen aus einem zentral gelegenen Mark und einer Röhrchenrinde. Im Röhrchenmark finden sich zerfallende oder zerfallene Zellen. Der Inhalt der Markräume färbt sich bei der Alcianblau-PAS-Reaktion (AB-PAS-Reaktion) intensiv rot, in der Hämalaun-Eosin (HE) Färbung blassrosa an. Oft treten aber auch Hohlräume im Röhrchenmark auf. Eine Abgrenzung des Markraums gegenüber der Röhrchenrinde ist in der Regel gut möglich.

Die Röhrchenrinde wird beim Pferd in verschiedenen Gebieten von spindelförmigen Hornzellen gebildet, wie sie WILKENS (1964) beschreibt (Abb. 5). In der Innenzone des Kronhorns (Abb. 9) findet man Röhrchen, deren Spindelzellen mit ihrer grössten Länge praktisch parallel zum Markraum angeordnet sind. Die Zellanschnitte erscheinen deshalb im Querschnitt eher rund bis polygonal und klein. Sie besitzen einen längs-ovalen Kern, der sich in der AB-PAS Färbung kräftig blau anfärbt. Die Zellgrenzen sind ebenfalls deutlich und färben sich in der AB-PAS Färbung intensiv rot an. In der HE Färbung erscheinen die Zellkerne auch blau, die Zellgrenzen

können nicht dargestellt werden. NICKEL (1938) bezeichnet diesen Röhrchentyp als steilspiralig gewickelte Röhrchen.

In der Sohle (21/a-b) sowie im Strahl und der Eckstrebe findet man vorwiegend Röhrchen, in denen spindelförmige Zellen mit ihrer grossen Achse zirkulär um die Markräume angeordnet sind. Im Querschnitt sind die Zellanschnitte schmal und länglich, im Längsschnitt rundlich. Die Kerne und die Zellgrenzen färben sich weniger intensiv an. Diese Röhrchen werden von NICKEL (1938) als flachspiralig gewickelte Röhrchen bezeichnet. Auf eine weitere Unterteilung, wie sie NICKEL vorgenommen hat, wird im Rahmen dieser mehr topographischen Uebersicht verzichtet.

In der Mittel- und Aussenzone des Kronhorns findet man Röhrchen, deren Rindenzellen sowohl im Querschnitt (10/b) als auch im Längsschnitt (12/b) überwiegend lang und schmal erscheinen. Wie auch von WILKENS (1964) beschrieben, scheinen diese Rindenzellen nicht in einer Richtung verlängert. Sie dürften daher eine flach-ovale Form haben, d.h. pfannkuchenähnlich sein.

Zwischen den Hornröhrchen befindet sich das Zwischenröhrchenhorn. Eine exakte morphologische Abgrenzung zwischen den Röhrchenrinden und dem Zwischenröhrchenhorn ist auch beim Pferd oft nicht möglich. Die Zellanschnitte des Zwischenröhrchenhorns (9/e, 10/c) sind eher polygonal bis länglich und in der Regel grösser als die Zellanschnitte der Röhrchenrinden. Wie bei den Röhrchen der Innenzone des Kronhorns färben sich auch im Zwischenröhrchenhorn der Innenzone die Kerne in der Alcianblau-PAS Färbung kräftig blau und die Zellgrenzen deutlich rot an. In der Mittel- und Aussenzone des Kronhorns färben sich sowohl die Kerne als auch die Zellgrenzen weniger intensiv an.

Bei pigmentierten Hufen findet man Pigmentablagerungen im Stratum basale, im Stratum spinosum, in den Zellen der Hornröhrchen sowie im Zwischenröhrchenhorn. Im Kronhorn der Vorder- und Seitenwand wie auch in der Trachte ist die Pigmentierung von der Aussenzone gegen innen abnehmend. In der Eckstrebe und in der Sohle konnten ebenfalls Pigmentablagerungen festgestellt werden. In der Saum-, Strahl- und Ballenepidermis der untersuchten Proben konnte kein Pigment nachgewiesen werden.

B Besonderheiten der einzelnen Segmente

Die mikroskopischen Befunde für das Saum-, Kron- und Wandsegment werden für die Vorderwand (= Zehenwand oder Dorsalwand) beschrieben. Sie gelten, falls nichts anderes erwähnt ist, auch für die Seiten- und Trachtenwand des Hufes.

1 Saumsegment

Das Saumsegment unterscheidet sich in seiner Struktur deutlich von der benachbarten Haut und dem darunterliegenden Kronsegment. Die in der Haut vorkommenden Haarbälge, Talg- und Schweissdrüsen fehlen im Saumsegment. Die Lederhautpapillen im Saumsegment (6/a, b) sind mit ihrer Länge von ca. 2 mm höher als der Papillarkörper der Haut und deutlich kürzer als die Zotten des Kronsegmentes (6/f, g). Die Zotten des Corium limbi sind regelmässig, kurz und leicht schräg gegen distal gerichtet.

Bei der über den Coriumzellen liegenden Epidermis kann man deutlich zwischen dem einschichtigen, kubischen Stratum basale, dem mehrschichtigen Stratum spinosum (6/c) und dem ebenfalls mehrschichtigen Stratum granulosum (6/d) unter-

scheiden. Das Stratum granulosum färbt sich in der Hämalaun-Eosin-Färbung (HE) und mit der Alcianblau-PAS-Reaktion (AB-PAS) kräftig blau an. Die Abgrenzung des Saumsegmentes zum Kronsegment ist deutlich, die Lederhautpapillen sind im Kronsegment länger und feiner, und das für das Saumsegment typische Stratum granulosum fehlt.

Das Stratum corneum des Saumsegmentes (6/e; 7) schiebt sich nach distal über das Kronhorn und kann bei unbeschlagenen Hufen bis zum Tragrand reichen. Es unterscheidet sich ebenfalls deutlich vom Stratum corneum des Kronsegmentes (6/i). Die Zellen des Saumhorns sind grösser als diejenigen des Kronhorns und eher polygonal. Meist sind sie etwas abgeplattet. In der Röhrrchenrinde sind die Zellen zirkulär um die Röhrrchenachse angeordnet. Die Rindenzellen erscheinen in Längs- und Querschnitten länglich, was für eine Pfannkuchenform dieser Zellen spricht. In den Zellen der Röhrrchenrinden (7/b) und des Zwischenröhrrchenhorns (7/c) von unverändertem Saumhorn können Kerne weder in der HE noch in der AB-PAS Färbung dargestellt werden. Lediglich in den Markräumen findet man einzelne Zellkerne (7/a). Im Saumhorn färben sich die Zelleiber in der AB-PAS Färbung gleichmässig blaugrau und in der HE Färbung rosa an.

Die Röhrrchenstruktur findet man bei allen untersuchten Pferden proximal bis gegen die Aussenzone des Saumhorns. Distal sind die Hornröhrrchen nur noch in der Innenzone des Saumhorns klar erkennbar. In den oberflächlichen Schichten des Saumhorns sind die Röhrrchen meist nur noch angedeutet, oder gar nicht mehr erkennbar. Man findet dagegen zahlreiche Hohlräume in und zwischen den Saumhornzellen. Gegen das Kronhorn hin handelt es sich um Röhrrchen mit meist querovalen Querschnitt. Das Röhrrchenmark (7/a) ist mit Zellde-

tritus gefüllt, das sich in der AB-PAS Färbung rot, in der HE Färbung blassrosa anfärbt und in dem man einzelne blaue Zellkerne oder Kernreste findet. Die Röhrchenrinde (7/b) besteht aus wenigen Schichten von platten Zellen, die sich schalenartig um das Mark legen, eine Abgrenzung vom Zwischenröhrchenhorn (7/c) ist aber nicht möglich. Von proximal nach distal nimmt die Dicke des Saumhorns ab. Die Grenze zwischen Saum- und Kronhorn verläuft mehr oder weniger geradlinig.

2 Kronsegment

Der Papillarkörper des Kronsegmentes (6/f, g) besteht aus langen und feinen Zotten, die nach distal ausgerichtet sind. Im Grenzbereich Saum-Krone sind in einer schmalen Zone wenige, besonders feine Zotten zu sehen. Die Zotten im Kronsegment besitzen proximal und gegen aussen einen querovalen Querschnitt, mit deutlicher Abplattung parallel zur Oberfläche hin. Nach distal und innen werden die Querschnitte etwas grösser und runder. Im distalen Teil des Kronsegmentes wachsen die Zotten zu kleinen Leisten zusammen. Die Höhe dieser Leisten nimmt gegen das Wandsegment zu und daraus entstehen die Lederhautblättchen (14/a). Der Uebergang des zottenförmigen Papillarkörpers in die Lederhautblättchen ist charakteristisch für die Grenze zwischen dem Kronsegment und dem distal anschliessenden Wandsegment. Wie bereits erwähnt, fehlt im Kronsegment das Stratum granulosum. Unmittelbar an das mehrschichtige Stratum spinosum (6/h) folgt das Stratum corneum (6/i) aus Hornröhrchen und Zwischenröhrchenhorn. Die Zellen des Stratum spinosum färben sich in der HE Färbung violett und in der AB-PAS Färbung blau an. Die Farbintensität ist in beiden Färbungen deutlich schwächer als bei den Zellen des Stratum basale.

Die Dicke des Kronhorns beträgt bei den untersuchten Pferden an der Vorderwand, 2 cm distal vom Kronrand gemessen, ca. 1-1.2 cm. An der Seitenwand ebenfalls 2 cm unter dem Kronrand ist das Kronhorn ca. 0.7-0.8 cm dick. An der Trachte, auch 2 cm distal vom Kronrand, hat das Kronhorn noch eine Dicke von 0.5-0.6 cm. Aehnliche Verhältnisse liegen auch einige cm weiter distal vor. Das Horn des Kronsegmentes besitzt beim Pferd im Vergleich zu den Klauentieren weniger Röhrrchen pro Flächeneinheit. In der Innenzone der Vorderwand wurden bei den untersuchten Pferden im Durchschnitt 8 Röhrrchen pro mm^2 , in der Aussenzone 14 Röhrrchen pro mm^2 gezählt (Tab. 1). Die Anfärbung des Stratum corneum in der AB-PAS Färbung im Kronsegment ist weniger intensiv als im Saumsegment. Die Zellgrenzen erscheinen deutlich PAS-positiv (Abb. 9), während sich das Zellinnere wenig oder nur mässig anfärbt, aber PAS-negativ ist. In der Innenzone des Kronhorns sind die Hornzellen oft stärker eosinophil, die Zelleiber der Röhrrchenrinden erscheinen nach der AB-PAS Reaktion gelblich-braun. Da anhand von morphologischen Kriterien keine klare Grenzziehung zwischen Innen-, Mittel- und Aussenzone möglich ist, wird das Kronhorn rein topographisch in drei gleich dicke Zonen unterteilt (8/c-e).

Aehnlich wie im Grenzbereich Saum-Krone wenig besonders feine Hornröhrrchen zu sehen sind, findet man in der Innenzone des Kronhorns an der Grenze zum Wandsegment mehrere kleine Röhrrchen. Es handelt sich um Röhrrchen mit rundem Querschnitt, deren Markräume meist optisch leer erscheinen. Anschliessend an diese wenigen kleinen Röhrrchen folgen gegen aussen grosse runde Röhrrchen (9/c-d), die den Hauptanteil der Röhrrchen der Innenzone ausmachen. Die Röhrrchen der Innenzone besitzen weiter distal ein im Durchmesser kleineres, rundes Marklumen, das mit PAS-positiver Grundsubstanz und mit einzelnen Zellkernen gefüllt ist.

Die Rindenzellen der Röhrrchen der Innenzone des Kronhorns sind spindelförmig und mit ihrer grössten Achse vorwiegend längs zur Röhrrchenachse ausgerichtet (9/d). Die Zellan-schnitte der Röhrrchenrinde im Querschnitt sind klein, polygonal (9/d) mit deutlich PAS positiven Zellgrenzen und vorwiegend runden bis ovalen Zellkernen. In der HE Färbung färben sich die Zellkerne ebenfalls kräftig blau an, die Zellgrenzen können nicht dargestellt werden. In der Uebersichtsvergrösserung ist eine färberische Abgrenzung der Röhrrchenrinde zum Zwischenröhrrchenhorn (9/e) möglich. Die Zwischenröhrrchenhornzellen weisen grössere Zellanschnitte auf, die rosa Anfärbung des Zytoplasma überwiegt im Verhältnis zur blauen Anfärbung der Kerne, weshalb das Zwischenröhrrchenhorn heller erscheint.

In der Mittelzone des Kronhorns (8/d) ist der Querdurchmesser der Röhrrchen kleiner als in der Innenzone. Die Röhrrchen sind mässig abgeflacht. Proximal im Kronsegment enthalten die Röhrrchen Hohlräume in den Marklumina, weiter distal treten vermehrt Röhrrchen mit gefüllten Marklumen auf. Die Zellen der Röhrrchenrinden sind in der Mittel- und Aussenzone vorwiegend zirkulär um die Markräume angeordnet. Die Zellan-schnitte der Röhrrchenrinden sind im Quer- und Längsschnitt vorwiegend länglich (10/b; 12/b), die Kerne haben ebenfalls eine schmale und ovale Form und sind weniger intensiv ange-färbt als in der Innenzone. Eine unterschiedliche Anfärbung der Röhrrchenrinden und des Zwischenröhrrchenhorns fällt in der Mittelzone weniger auf.

Die Röhrrchen der Aussenzone (8/e; 10/a-b) haben einen meist querovalen Durchmesser, die Markräume sind bei ca. der Hälfte der Röhrrchen mit homogener Grundsubstanz und einzelnen Kernen gefüllt. Weiter distal ist die Abflachung der Röhrr-

chen stärker und die meisten Röhrchen zeigen gefüllte Marklumina. Die Zellanschnitte der Röhrchenrinde in der Aussenzone unterscheiden sich im wesentlichen nicht von denen der Mittelzone, dies gilt auch für die unterschiedliche Anfärbung der Röhrchenrinde und des Zwischenröhrchenhorns. Bezüglich der optisch leeren und gefüllten Markräume bestehen in allen drei Zonen recht grosse individuelle Unterschiede.

Die Zellen des Zwischenröhrchenhorns sind im allgemeinen eher polygonal, nicht mehr schalenartig um die Hornröhrchen angeordnet und erscheinen etwas grösser als die Rindenzellen. Die Zellkerne färben sich in der HE wie auch in der AB-PAS Färbung weniger intensiv blau an als die Zellen der Röhrchenrinde. Im Längsschnitt fällt auf, dass die Zellen des Zwischenröhrchenhorns in der Innenzone des Kronhorns vorwiegend senkrecht zum Röhrchen angeordnet sind (11/c), in der Aussenzone des Kronhorns sind sie dagegen in einem Winkel von ca. 45° geneigt (12/c).

Das Kronsegment der Seitenwand unterscheidet sich grundsätzlich nicht vom Kronsegment der Vorderwand. Abweichungen findet man nur in Bezug auf das Vorkommen von Hornröhrchen mit unterschiedlicher Verlaufsrichtung. Im Kronsegment der Seitenwand sieht man 1-2 mm unter der Oberfläche häufig mehrere schräggetroffene Röhrchen (13/a). Die Anzahl derselben nimmt von proximal nach distal zu, ist aber von Pferd zu Pferd ziemlich unterschiedlich. Weiter fällt eine deutlichere Reihenbildung der Röhrchen, vor allem in der Innenzone auf. Die Reihen verlaufen besonders im Trachtenteil von vorne (dorsal) und innen nach hinten (palmar) und aussen (18/c).

3 Wandsegment

Das Wandsegment beginnt beim Pferd im Gegensatz zu andern Klauentieren weit proximal, bei den untersuchten Pferden auf einer Höhe von 1.5-2 cm unter dem Kronrand. Die Lederhaut des Wandsegmentes besteht nicht mehr aus Papillen, sondern aus Primärblättchen (14/a), die im Unterschied zu den Klauentieren noch zu Sekundärblättchen (14/b) verzweigt sind. Am Uebergang vom Kronsegment zum Wandsegment sind die Basen der Zotten zusammengewachsen, daraus entstehen die Lederhautblättchen der Wand. Die Lederhautblättchen enthalten grosse Gefässanschnitte und sind bedeckt vom Stratum basale und dem Stratum spinosum der Epidermis (14/d). Das Stratum spinosum macht den grössten Teil der weichen Epidermis aus. Ein Stratum granulosum fehlt.

An den Primärblättchen der Lederhaut liegt die breitere Basis innen gegen das Hufbein zu während die Spitze (8/a) gegen das Kronhorn (8/c) zeigt. Die Spitze der Primärblättchen wird auch "First" oder freier Rand genannt. Die Höhe der voll ausgebildeten Primärblättchen beträgt von der Basis zur Spitze gemessen an der Vorderwand des Hufes ca. 3.5 mm.

Die Blättchen der Vorderwand sind gerade und schlank, selten verzweigt. Eine Neigung der Blättchen gegen dorsal und palmar, wie sie von ROSSKOPF (1986) beim Schaf beschrieben wurde, findet man beim Pferd erst im hintersten Teil der Trachte. Die Lederhaut- und Hornblättchen nehmen in ihrer Höhe von der Vorder- zur Seitenwand ab, während die Dicke derselben zunimmt. Von den proximalen zu den distalen Wandabschnitten nimmt die Dicke der Coriumblättchen wenig ab, während diejenigen der Hornblättchen zunimmt.

Zwischen den Coriumblättchen befinden sich die Hornblättchen (14/c). Diese verbinden sich eng mit dem Stratum spinosum der weichen Epidermis, die die Lederhautblättchen bedeckt. Die Hornblättchen bestehen aus abgeflachten Zellen, die mit ihrer grossen Fläche parallel zu den primären Coriumblättchen angeordnet sind.

Nach NICKEL (1938) und ZIEGLER (1951) werden die Hornblättchen von der Epidermis aus dem Uebergangsbereich des Kronins Wandsegment gebildet. Die Hornblättchen wachsen von proximal nach distal. Nach BUDRAS und PREUSS (1979) kommt der basozentrale Teil der Hornblättchen vom Kronsegment, während die kleinen Hornzellen an der Seitenfläche der Blättchen vom Wandsegment stammen. Sie bezeichnen daher die Hornblättchen als Kronwandblättchen.

Die Hornblättchen sollen in dieser Arbeit vereinfacht und entsprechend der Einteilung von NICKEL (1938), WILKENS (1964) und HABERMEHL (1984) dem Wandsegment zugeteilt werden. Denn sie stammen einerseits zwar vom Kronsegment, aber von dessen Uebergangsbereich zum Wandsegment. Andererseits enthalten die Hornblättchen nach BUDRAS und PREUSS (1979) auch Zellen vom Wandsegment und gehen eine enge Verbindung mit der weichen Epidermis und den darunterliegenden Lederhautblättchen ein, die ebenfalls zum Wandsegment gehören.

Im Bereich der Sekundärblättchen findet man an der Oberfläche des Stratum spinosum unregelmässig flache Zellen, die im Basisgebiet der Primärblättchen kaum verhornt, gegen die Spitze der Primärblättchen aber verhornt sind. Ueber dem freien Rand (= Spitze) der Primärblättchen gehen die Hornzellen des Wandsegmentes in die Hornzellen des Kronsegmentes über. Das über dem freien Rand der Coriumblättchen gefundene

Kappenhorn, wie es GEYER (1980) beim Schwein und ROSSKOPF (1986) beim Schaf beschreibt, kann beim Pferd auch distal nur in wenigen Zellagen gefunden werden. Die Kappenhornzellen liegen schalen- oder kappenähnlich aussen über dem Stratum germinativum, das den freien Rand der Lederhautblättchen überzieht.

4 Uebergangsbereich Wand-Sohle

Der Uebergangsbereich Wand-Sohle befindet sich bei den untersuchten Pferden, bei einer Gesamtlänge der Vorderwand von 10-11 cm, auf einer Höhe von 2.5-3.5 cm proximal vom Tragrand. Auf dieser Höhe ist der distale Rand der Lederhautblättchen mit Zotten besetzt (15/b). Zwischen den Zotten, die reihenförmig angeordnet sind, befindet sich ein einschichtiges Stratum basale und darüber das Stratum spinosum der Epidermis. Ueber dem freien Rand der Coriumblättchen mit den Zotten finden sich junge Epidermiszellen, die den Enden der Coriumblättchen aufliegen und sich nach distal verstärken (15/c). Diese Epidermiszellen sind wenig abgeplattet, besitzen einen in Auflösung begriffenen Kern und verhalten sich färberisch wie Saumhorn.

Auf den Papillen am distalen Rand der Coriumblättchen bildet die Epidermis Röhrchenhorn. Dieses als Terminallagenhorn bezeichnete Horn setzt sich somit aus Röhrchenhorn (16/a, b) und Zwischenröhrchenhorn (16/c) zusammen, die sich zwischen die Hornblättchen der Wand schieben. In einer Höhe von ca. 2-2.5 cm proximal vom Tragrand sind die Terminallagen vollständig ausgebildet. Die Röhrchen der Terminallagen sind in Reihen angeordnet. Gegen das distale Ende der Terminallagen treten relativ häufig Hohlräume auf, die sich vor allem im Zwischenröhrchenhorn befinden, aber auch an der Grenze der

Röhrchenrinde zum Zwischenröhrchenhorn vorkommen. Die Zellen der Röhrchen färben sich in der AB-PAS Färbung ebenso wie das Saumhorn blau-violett an, die Zellgrenzen sind mässig PAS positiv und die Kerne färben sich kräftig blau. Eine Abgrenzung zum Zwischenröhrchenhorn, das sich auch färberisch nicht von den Zellen des Röhrchenhorns unterscheidet, ist nicht möglich. Das Terminallagenhorn (16/a-c) ist 5-8 mal breiter als die Hornblättchen (16/d). Somit sind ca. 83-89% des Horns der weissen Linie Terminallagenhorn.

Der Bau des Terminallagenhorns erscheint lockerer als derjenige der Hornblättchen. Nach innen geht das Terminallagenhorn ins Sohlenhorn über. Angrenzend an die weisse Linie folgen im Sohlenhorn Hornröhrchen, die in Fortsetzung der Terminallagen deutlich in Reihen angeordnet sind (17/f) und unter denen sich oft solche mit grossem Durchmesser befinden.

An der Seitenwand des Hufes teilen sich distal die Lederhautblättchen ähnlich wie an der Vorderwand etwa 2.5-3.5 cm proximal vom Tragrand in Zotten auf. Dem entsprechend ist auch das Terminallagenhorn etwa 2-2.5 cm proximal vom Tragrand vollständig vorhanden.

Von der Vorderwand gegen die Seitenwand hin nimmt die Höhe der Epidermismassen, die den distalen Enden der Coriumblättchen aufliegen, zu. Diese Epidermismassen sind nicht wie in der Vorderwand gerade, sondern leicht geschlängelt. Die Hornröhrchen, die über den Spitzen der Epidermiszellen gebildet werden, sind deutlich in Reihen angeordnet, die sich nach palmar bzw. plantar neigen.

5 Trachtenbereich (Abb. 18)

Wie in der Vorderwand bereits beschrieben, sind auch im Trachtenbereich und im Uebergangsbereich Trachte-Ballen die Coriumzotten des Saumsegmentes deutlich kürzer und dicker als die Zotten des Kronsegmentes der Trachte. Die Beschreibung des Saumsegmentes der Vorderwand trifft auch für das Saumsegment im Trachtenbereich zu, man findet aber vermehrt Vakuolen- und Spaltbildungen. Diese befinden sich zu 90% im Markraum an der Grenze zur Röhrchenrinde. Die Grenze zwischen Saumsegment und Kronsegment ist wie an der Vorderwand deutlich. Zwischen dem Papillarkörper des Trachtenteils vom Kronsegment und dem Papillarkörper des Kronsegmentes der Vorderwand waren keine Unterschiede festzustellen. Auch im Trachtenbereich bilden die Lederhautblättchen die Fortsetzung der untersten Papillen, ihr Verlauf ist aber nicht immer geradlinig, sondern oft leicht geschlängelt. Die Dicke der Corium- und Hornblättchen nimmt zur Trachte hin zu, die Höhe derselben dagegen ab. Im Trachtenbereich treten ab und zu Doppel-, selten sogar Dreifachblättchen auf (18/a).

Das Kronhorn der Trachte unterscheidet sich wenig vom Röhrchenhorn der Vorderwand. Die Befunde für die Innen-, Mittel- und Aussenzone treffen auch hier zu, allerdings sind die Zonen im Trachtenbereich dünner als in der Vorderwand. Ähnlich wie an der Vorderwand sind im Kronhorn der Trachte in der Innenzone die spindelförmigen Zellen der Röhrchenrinden mit ihrer grossen Achse parallel zum Röhrchenmark angeordnet, während in der Mittel- und Aussenzone die Rindenzellen vorwiegend pfannkuchenähnlich sind. Eine Reihenbildung der Röhrchen (18/c) ist vor allem in der Innenzone deutlich zu erkennen. Die Reihen neigen sich in einem Winkel von ca.

45° gegen die Sagittalebene nach palmar bzw. plantar. Die Neigung der Röhrchen nimmt gegen die Vorderwand hin stark ab. Im Vergleich zur Vorderwand treten im Kronhorn der Trachte vermehrt Doppel-, ab und zu sogar Dreifachröhrchen auf. Es handelt sich dabei um Röhrchen mit zwei oder mehreren Marklumina innerhalb einer Röhrchenrinde. Gelegentlich sind auch im Kronhorn der Trachte ähnlich wie an der Seitenwand 1-2 mm unter der Oberfläche schräggetroffene Röhrchen zu finden.

6 Eckstreben (Abb. 19)

Da palmar das Saumhorn in das Ballenhorn übergeht, besteht die axial eingebogene Eckstrebe nur noch aus Kron- und Wandsegment. Der Aufbau von Corium und Epidermis der Eckstrebe unterscheidet sich prinzipiell nicht vom Kronsegment der Vorder- und Seitenwand. Die Zotten des Papillarkörpers vom Kronsegment sind im allgemeinen kurz, relativ dick und haben einen querovalen Querschnitt. In der Epidermis fehlt ein Stratum granulosum. Die Coriumblättchen des Wandsegmentes der Eckstrebe sind "plump" und unterschiedlich lang, die Blättchenspitzen sind oft verzweigt (19/a). Wie schon in der Hornwand beschrieben, bilden sich am distalen freien Blättchenrand Papillen, die Röhrchen produzieren. Die Terminallagen (19/b) unterscheiden sich grundsätzlich nicht von denen der Vorderwand. Typisch für die Eckstrebe ist die deutliche Ausrichtung der Zotten, Blättchen und Terminallagen gegen den palmar bzw. plantar liegenden Eckstrebenwinkel (Abb. 19). Axial gehen die Zotten der Eckstrebe in die Zotten der Strahllederhaut und in Richtung peripher und apikal in die Zotten der Sohlenlederhaut über. Die Dicke des Stratum corneum der Eckstrebe ist im Vergleich zur Vorderwand

gering. Die Hornblättchen (19/c) sind wie die plumpen Blättchen der Lederhaut relativ dick, verjüngen sich aber gegen die Basis der Lederhautblättchen deutlich. Bei den Röhrenchen der Eckstrebe handelt es sich vorwiegend um Röhrenchen, deren spindelförmige Rindenzellen mit ihrer grossen Achse zirkulär um die Markräume angeordnet sind. Die blättchennahen Röhrenchen sind fein und besitzen einen runden Querschnitt. Die Markräume der Röhrenchen sind meistens mit Zelldetritus gefüllt. Auffallend ist die gruppenweise Anordnung der Röhrenchen (20/a-b) und die deutliche Reihenbildung mit einer Neigung gegen den Eckstrebenwinkel (19/d). Bei den Röhrenchengruppen handelt es sich um Röhrenchen, die Rinde an Rinde liegen (20/a-b). Ab und zu findet man auch Röhrenchen, die mehrere Markräume innerhalb einer Rinde aufweisen. Die blättchenfernen Röhrenchen sind etwas grösser und besitzen einen leicht querovalen Querschnitt. Der Anteil optisch leerer Markräume nimmt gegen aussen deutlich zu. Die Reihenbildung bleibt bis in die Aussenzone gut erkennbar (19/d).

Das Zwischenröhrenchenhorn unterscheidet sich nicht vom Zwischenröhrenchenhorn der übrigen Hornwand. Im Längsschnitt bestätigen sich die schon früher erstellten Befunde, dass in der blättchennahen Zone die Zellen des Zwischenröhrenchenhorns fast senkrecht zu den Röhrenchen stehen und im blättchenfernen Bereich sind die Zwischenröhrenchenhornzellen in einem Winkel von ca. 45° geneigt.

7 Sohlensegment (Abb. 21)

Die Befunde wurden an der Sohlenmitte erhoben, gelten aber auch für den lateralen und medialen Sohlenschenkel. Das Corium bildet relativ kurze, breite Zotten mit rundem Querschnitt. Der Aufbau aus einem mehrschichtigen zylindrischen Stratum basale und darauf folgendem mehrschichtigen Stratum spinosum entspricht dem Aufbau der übrigen Segmente. Ein Stratum granulosum fehlt. Die Coriumzotten sind nach distal gerichtet und leicht nach apikal, d.h. gegen den Tragrand der Vorderwand geneigt. Die Hornröhrchen sind ebenfalls nach apikal gerichtet. Am Uebergang der Zottenspitzen in die Epidermisröhrchen erkennt man einen Knick, da die Röhrchen etwas stärker gegen apikal geneigt sind als die Zotten. Der Neigungswinkel der Röhrchen zur freien Oberfläche beträgt ca. 45°.

Bei den Röhrchen im Sohlensegment handelt es sich um dicht beieinander liegende Röhrchen mit schwach ovalem oder rundem Querschnitt und mit PAS-positivem Material gefüllten Markräumen (21/a-b). Die Röhrchen entsprechen vorwiegend dem flachgewickelten Röhrchentyp, d.h. die Spindelzellen sind mit ihrer grossen Achse zirkulär um die Markräume angeordnet. Die zottenfernen Röhrchenanschnitte weisen vermehrt einen querovalen Querschnitt auf, besitzen aber auch meist gefüllte Markräume. Die ovalen Röhrchen sind in sagittaler Richtung abgeplattet. Gegen die Oberfläche hin nehmen Spalt- und Rissbildungen deutlich zu, man findet sie entlang den Zellmembranen an der Rindengrenze (21/c), seltener im Zwischenröhrchenhorn.

Der Uebergang zum Zwischenröhrchenhorn ist auch hier nicht eindeutig abgrenzbar. Die Zwischenröhrchenhornzellen (21/d) sind ebenfalls eher polygonal. Die Zellen des Zwischenröhrchenhorns sind im Sohlensegment in distaler Richtung etwa um 45° gegen die Röhrchenrinden geneigt.

8 Strahl und Ballen

Die erhobenen Befunde treffen sowohl für die Strahlspitze als auch für die Strahlschenkel zu. Im Strahlbereich findet man wie im Sohlensegment relativ kurze und plumpe Coriumzotten mit dem üblichen Aufbau. Ein Stratum granulosum fehlt im Bereich des gesamten Strahls. Die Lederhautzotten sind gegen apikal geneigt und gehen mit einem leichten Knick in die ebenfalls nach apikal geneigten in Reihen angeordneten Hornröhrchen über. Färberisch verhält sich das Strahlhorn wie das Saumhorn. Die Hornröhrchen liegen dicht und oft in kleinen Gruppen beieinander, das heisst unmittelbar an der Grenze der Röhrchenrinde liegt ein weiteres Röhrchen, ab und zu findet man auch 2-3 Markräume umhüllt von einer Rinde. Die Röhrchenquerschnitte sind rund bis queroval und zum Teil von unterschiedlicher Grösse. Mit Zelldetritus gefüllte Marklumina sind weit häufiger anzutreffen als optisch leere Markräume. In Längsschnitten ist der geschlängelte Verlauf zahlreicher Strahlröhrchen (22/a-b) besonders auffallend. Die Rindenzellen sind polygonal bis länglich und liegen in der Regel mit der grossen Achse zirkulär zum Mark.

Die Zwischenröhrchenhornzellen sind länglich abgeflacht und verlaufen quer bis schräg geneigt zum Röhrchenmark. Die Kerne der Rindenzellen sind deutlicher gefärbt als diejenigen der Zwischenröhrchenhornzellen. Eine exakte Grenze zwischen Röhrchen- und Zwischenröhrchenhorn ist aber auch im

Strahlhorn nicht möglich. Spalt- und Rissbildungen findet man nur relativ nahe an der Oberfläche und eher seltener als im Sohlenhorn.

Das Ballensegment, das palmar an das Saumsegment anschliesst und sich sohlenwärts im Strahl fortsetzt, ist dem Saumsegment und Strahl sehr ähnlich. Die Anfärbbarkeit der Zellen des Ballens entspricht derjenigen im Saumsegment und im Strahl. Wie im Saumsegment verhornt auch im Ballensegment die Epidermis über ein Stratum granulosum. Die Röhrchenquerschnitte sind ähnlich wie im Saumhorn parallel zur Oberfläche leicht abgeplattet. An der Grenze zwischen Röhrchenrinde und Zwischenröhrchenhorn treten vor allem in Nähe der Ballenoberfläche öfters Risse und Spalten auf.

9 Zahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit

Nach DIETZ et al. (1971), FUCHS (1976), KASTNER (1976), LEOPOLD und PRIETZ (1980), HAERTEL (1985) und von SCHULENBURG et al. (1986) kann die Zahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit auch als ein Parameter zur Beurteilung der Hornqualität dienen.

Zur Zählung der Hornröhrchen an Pferdehufen wurden Schnitte von definierten Stellen aus je 10 Hufen verwendet. Die Schnitte stammten jeweils vom linken Vorderhuf und vom rechten Hinterhuf von insgesamt 5 Pferden. An der Vorder- und Seitenwand sowie im Trachtenteil der Hornwand wurden die Schnitte jeweils 2 cm distal vom Kronrand angelegt (Abb. 1). An allen drei Stellen der Hornwand wurden die Röhrchen in der Innen- und Aussenzone des Kronhorns gezählt. Die schmalen Zonen mit zahlreichen Röhrchen von kleinem Durchmesser, wie sie ganz aussen im Kronhorn unmittelbar dem Saumhorn und

ganz innen im Kronhorn den Hornblättchen benachbart sind, wurden nicht mitgezählt. Die Schnittebenen verliefen senkrecht zu den Röhrchen, so dass die Röhrchen quer getroffen wurden.

Zur Röhrchenzählung im Sohlen- und Strahlhorn wurden Schnitte vom lateralen Sohlenschenkel und vom lateralen Strahlschenkel verwendet (Abb. 2). Die Schnittebene wurde auch bei diesen Proben senkrecht zum Röhrchenverlauf angelegt, d.h. die Schnittführung verlief von proximal und dorsal nach distal und palmar.

Die Resultate der Röhrenchenzählungen am Pferdehuf sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1

Zahl der Hornröhrenchen pro mm² Querschnittfläche

n = Anzahl untersuchter Hufe, $\bar{x}$ = Mittelwert, s = Standardabweichung.

Entnahmestellen	n	ausgezählte Fläche in mm ² pro Tier	Röhrenchenzahl pro mm ²	
			$\bar{x}$	s
Vorderwand Innenzone	10	9	8	1.55
Vorderwand Aussenzone	10	7	14	3.03
Seitenwand Innenzone	10	9	8	1.44
Seitenwand Aussenzone	10	7	13	2.95
Trachte Innenzone	10	9	9	1.70
Trachte Aussenzone	10	6	12	2.82
Sohle	10	11	10	2.51
Strahl	10	11	12	2.53

Die Röhrenchenzahlen, deren Mittelwerte an den untersuchten Stellen zwischen 8 und 14 pro mm² betrugen, sind im Hufhorn des Pferdes allgemein sehr niedrig. An der Hornwand wurden in der Innenzone des Kronhorns jeweils weniger Röhrenchen gezählt als in der Aussenzone. Die Anzahl Röhrenchen machen in der Innenzone des Kronhorns an der Vorder- und Seitenwand ca. 60%, in der Trachtenwand ca. 75% der Röhrenchen der Aussenzone aus.

IV. DISKUSSION

MAKROSKOPISCHE BEFUNDE

Vergleicht man makroskopisch den Pferdehuf mit den Klauen der Paarzeher, so fällt am Corium (Abb. 3) und am ausgezogenen Hornschuh (Abb. 4) des Pferdehufes auf, wie weit proximal die Lederhautblättchen des Wandsegmentes und die dazwischenliegenden Hornblättchen beginnen, während sie bei den Klauen erst in deren distaler Hälfte vorhanden sind (WILKENS, 1964; GEYER, 1979 und 1980; ROSSKOPF, 1986). Makroskopisch und mikroskopisch war an den Hufen der untersuchten Warmblutpferde zu sehen, dass die Lederhaut- und Hornblättchen schon 15-20 mm unter dem Kronrand beginnen. Bei den Klauentieren reicht die Lederhaut des Kronsegments entsprechend der Kürze der Blättchen des Wandsegments relativ weit nach distal. Die im Wandsegment der Klauentiere fehlenden Sekundärblättchen sind beim Pferd nur mikroskopisch sichtbar. Durch die Länge der Primärblättchen und durch die Sekundärblättchen entsteht beim Pferd eine bedeutend grössere Oberfläche als bei den Klauentieren, um die Innenteile des Hufes mit der Hornkapsel zu verbinden. Da die hier einwirkenden Belastungen beim Pferd besonders gross sind, ist diese grossflächige Verbindung zwischen der Hornwand und den Innenteilen des Hufes sehr sinnvoll.

Das Saumhorn des Pferdes kann das gesamte Kronhorn bedecken und bis zum Tragrand reichen, wenn es nicht in den distalen Teilen der Hornwand vom Hufschmied abgeraspelt wurde. Dagegen ist das Saumhorn bei den Klauentieren nur proximal an der Hornwand vorhanden. Die Hornwand wird auch beim Pferd zum grössten Teil vom Kronhorn gebildet, dessen Dicke beim Pferd und den Klauentieren von dorsal gegen palmar (plantar)

abnimmt, so dass die Hornwand im Trachtenbereich wesentlich dünner ist (RUTHE, 1978; HABERMEHL, 1984; WILKENS, 1964; GEYER, 1979, 1980; ROSSKOPF, 1986). Die beim Pferd vom Trachtenteil der Hornwand axial eingebogene Eckstrebe fehlt den Klauentieren oder ist wie an der Schweineklaue nur als schwache Einbiegung des palmaren (plantaren) Randes an der abaxialen Hornwand zu erkennen (GEYER, 1979, 1980).

Am Tragrand wurde als weisse Linie, *Zona alba*, in dieser Arbeit die Zone des Blättchenhorns mit dem zwischen den Hornblättchen liegenden Terminallagenhorn bezeichnet. Dieser Bereich entspricht der Definition der weissen Linie bei SCHWYTER (1928), BAUER (1942), ZIEGLER (1951) und RUTHE (1978). Bei unpigmentierten Klauen von Rind, Schaf und Schwein kann der Bereich des Blättchenhorns als *Zona alba* auch erkannt werden. Beim Pferd wurde von LEUTHOLD (zit. nach ZIEGLER, 1951) vorgeschlagen, den peripher an das Blättchenhorn angrenzenden Streifen von hellem Horn als weisse Linie zu bezeichnen und hier die Nägel einzuschlagen. NICKEL (1938) WISSDORF et al. (1983) und HABERMEHL (1984) zählen zur weissen Linie, *Zona alba*, des Pferdes ausser der Blättchenzone noch das peripher an die Hornblättchen angrenzende unpigmentierte Kronhorn dazu. Dieser nach WISSDORF et al. (1983) strichartig schmale und weisse Anteil der *Zona alba* ist am Pferdehuf peripher der Blättchen zu sehen, kann aber bei den Klauentieren nicht vom übrigen Kronhorn unterschieden werden.

Eine weitere Besonderheit des Pferdehufes ist das Sohlengewölbe. Da die Sohle des Pferdes gegen axial nach proximal gewölbt ist, hat das Sohlenhorn auf harten Böden wenig und bei beschlagenen Hufen keine Bodenberührung im Unterschied zu den Klauentieren, deren flache Sohlen intensiven Boden-

kontakt haben. Nach Entstehung zahlreicher kleiner Risse in den oberflächlichen Schichten des Sohlenhorns kommt es beim Pferd auch ohne Abrieb zu einem als normal anzusprechenden Abskilfern oder Abbröckeln des oberflächlichen Sohlenhorns. Das Abbröckeln des Hornes darf aber nicht auch die tiefen Schichten des Sohlenhorns erfassen.

Wie am Ballen der Klauentiere ist auch der Ballenbereich und der vom Ballen gebildete Strahl des Pferdes von einer dicken Subcutis unterlagert, die zur Polsterung dient. Beim Pferd sind nach HABERMEHL (1984) in der Subcutis des Strahlpolsters auch noch Drüsen eingelagert.

MIKROSKOPISCHE BEFUNDE

Bei der Betrachtung der Untersuchungsergebnisse der histologischen Untersuchungen am Pferdehuf ist zu berücksichtigen, dass infolge der Grösse des Hufes nur die in Abb. 1 und 2 angegebenen Bereiche untersucht werden konnten. Bei den bedeutend kleineren Zehenendorganen von Schwein (GEYER, 1980) und Schaf (ROSSKOPF, 1986) war es noch möglich, durch Stufenschnitte an einzelnen Klauen den mikroskopischen Bau von Epidermis und Corium im gesamten Bereich des Zehenendorgans zu überprüfen. Bei der Wahl der Probeentnahmestellen am Pferdehuf wurde darauf geachtet, dass die auch für die Untersuchung von Hornproben geeignetsten Stellen sowie alle Segmente und deren wichtigste Uebergangsbereiche erfasst wurden. Bei der Untersuchung von Hornproben, die aus der näheren Umgebung der hier untersuchten Stellen stammen, sind ähnliche histologische Befunde wie an der nächstgelegenen untersuchten Lokalisation zu erwarten. In Zweifelsfällen sollten bei der Wahl anderer Probeentnahmestellen für pathohistologische Untersuchungen Vergleichsproben von entsprech-

enden Stellen gesunder Hufe überprüft werden.

Die auf Grund der Untersuchungen an Warmblutpferden zusammengestellten Befunde sollen einen Ueberblick geben über den mikroskopischen Bau von Epidermis und Corium der verschiedenen Hufteile. Eine kurze Uebersicht über die Histologie der verschiedenen Segmente des Pferdehufes findet man bei BRUHNKE (1931); doch ist diese Arbeit wenig bebildert und liegt zeitlich vor den durch NICKEL (1938) und WILKENS (1964) durchgeführten Grundlagenuntersuchungen zum Bau der Huf- und Klauenröhrchen.

A Grundlegendes zum mikroskopischen Bau der Hufepidermis

Die Hornröhrchen des Pferdehufes bestehen wie bei den Klauen der Paarhufer aus dem zentralen Mark und der umgebenden Rinde. Aehnlich wie bei den Klauenröhrchen findet man am Pferdehuf vor allem in der Mittel- und Aussenzone des Kronhorns sowie im Saumhorn Röhrchen, deren Rindenzellen in Längs- und Querschnitten schmal und länglich erscheinen (10/b; 12/b), und deren Form daher als platt und pfannkuchenförmig anzusprechen ist. Die Rindenzellen umgeben schuppen- oder schalenähnlich den Markraum. Sowohl im Längs- als auch im Querschnitt leuchten die Rindenzellen im Polarisationsmikroskop hell auf, da in beiden Schnittrichtungen zahlreiche Keratinfibrillen längs oder schräg getroffen werden.

Ausser diesem Röhrchentyp mit den platten, pfannkuchenförmigen Rindenzellen, findet man in den meisten Gebieten des Pferdehufes Röhrchen, deren Rindenzellen in einer Schnittrichtung lang und schmal (11/b) und in der senkrecht dazu stehenden Ebene klein und rundlich erscheinen (9/d). Diese Rindenzellen werden von WILKENS (1964) als rhombisch ge-

streckt bezeichnet. Sie werden in dieser Arbeit vereinfacht "spindelförmige Zellen" (Abb. 5) genannt. In diesen spindelförmigen Zellen verlaufen die Keratinfibrillen, die WILKENS (1964) als Tonofibrillen bezeichnet, vor allem in Längsrichtung des Zelleibes, so dass nur der längs oder schräg getroffene Zelleib polarisationsoptisch hell aufleuchtet.

NICKEL (1938) unterscheidet im Hufhorn des Pferdes einen vorwiegend steilspiralig gewickelten Röhrchentyp und einen vorwiegend flachspiralig gewickelten Röhrchentyp. Nach WILKENS (1964) sind in den vorwiegend steilspiralig gewickelten Röhrchen die spindelförmigen Rindenzellen mit ihrer Längsachse parallel zum Mark angeordnet (11/b). Diesen Röhrchentyp findet man vor allem in der Innenzone des Kronhorns. Bei den vorwiegend flachspiralig gewickelten Hornröhrchen sind die spindelförmigen Rindenzellen mit ihrer Längsachse zirkulär um den Markraum angeordnet. Dieser Röhrchentyp, bei welchem die langen Anschnitte der Rindenzellen im Röhrchenquerschnitt (21/b) getroffen werden, und die Zellen im Längsschnitt klein und rundlich erscheinen, wurde vorwiegend im Sohlenhorn, aber auch im Strahl- und Ballenhorn sowie im Kronhorn der Eckstrebe gefunden.

In der Mittel- und Aussenzone des Kronhorns, wo nach NICKEL (1938) auch der vorwiegend flachspiralig gewickelte Röhrchentyp vorkommt, wurden in dieser Untersuchung, ähnlich wie von WILKENS (1964) Röhrchen mit platten, pfannkuchenähnlichen Rindenzellen gefunden, die nicht in einer Richtung verlängert waren (10/b; 12/b).

Nach physikalischen Gesetzmässigkeiten zeichnen sich Röhren gegenüber soliden Stäben dadurch aus, dass die Röhren gegenüber den Stäben mit viel geringerem Materialaufwand eine

grosse Festigkeit bei Biegung, Knickung und Torsion aufweisen (HINZPETER, 1952). Der Röhrenchenbau des Hufhorns ist somit eine sehr belastungsfähige Konstruktion. Nach NICKEL (1938) setzen die steilspiralig gewickelten Röhrenchen, deren Rindenzellen mit ihrer Längsachse parallel zum Mark angeordnet sind, dem Axialdruck einen grösseren Widerstand entgegen als die flachspiralig gewickelten Röhrenchen, die sich beim Axialdruck elastischer verformen als die steil gewickelten Röhrenchen. Die Röhrenchen mit platten, pfannkuchenförmigen Rindenzellen, in denen die Keratinfibrillen vor allem längs und quer zur Röhrenchenachse verlaufen, könnten eine geeignete Mischform sein, um einerseits genügend Widerstand gegen Zug- und Druckkräfte zu leisten und andererseits genügend elastisch verformbar zu sein.

Hufröhrenchen mit runden Querschnitten sind nach NICKEL (1938) an allen Stellen einer gleichmässigen Belastung ausgesetzt, während Röhrenchen mit ovalen Querschnitten durch das Ueberwiegen der Belastung in einer Richtung entstehen. So dürften die parallel zur Oberfläche abgeplatteten Röhrenchen der Ausdruck von Druckkräften sein, die von der Tiefe zur Oberfläche und umgekehrt wirken. In ähnlicher Weise wie am Huf sind auch die Hornröhrenchen der Klauentiere in vielen Gebieten des Klauenschuhs parallel zu Oberfläche abgeplattet (WILKENS, 1964; GEYER, 1980; GEYER und TAGWERKER, 1986; ROSSKOPF, 1986).

In den Klauenröhrchen von Rind und Schwein sind die pfannkuchenähnlichen Rindenzellen in distaler Richtung gegen die Röhrchenachse geneigt (WILKENS, 1964; GEYER, 1980). Diese Röhrchen können in ihrem Bau mit einem Tannenzapfen verglichen werden. Die freie Spitze des Tannenzapfens entspricht dem proximalen Teil des Röhrchens, die Spindel dem Röhrchenmark. Die Schuppen dieses Tannenzapfens sind den Rindenzellen, die schalenartig um das Mark angeordnet sind, sehr ähnlich. Die Schuppen bzw. Rindenzellen sind mehr oder weniger stark gegen die Spindel des Tannenzapfens bzw. gegen das Mark des Röhrchens geneigt.

An der Schafklaue sind die Rindenzellen der Röhrchen nicht zur Röhrchenachse geneigt (ROSSKOPF, 1986). In ähnlicher Weise konnte an Hufröhrchen des Pferdes mit pfannkuchenförmigen Rindenzellen keine Neigung der Rindenzellen gegen das Mark festgestellt werden (12/b). Auch in den Röhrchen der Innenzone des Kronhorns sind beim Pferd die spindelförmigen Rindenzellen mit ihrer Längsachse parallel zum Röhrchenmark angeordnet (11/b).

Die Zellen des Zwischenröhrchenhorns sind meist weniger abgeflacht als in den Röhrchenrinden und weisen oft polygonale Formen auf. Bemerkenswert ist, dass längliche Zellanschnitte des Zwischenröhrchenhorns oft stark gegen die Röhrchen geneigt sind (12/c), oder wie in der Innenzone des Kronhorns fast senkrecht zur Röhrchenachse stehen (11/c). Nach NICKEL (1938) hat das Zwischenröhrchenhorn die Aufgabe, die Röhrchen als einzelne Tragpfeiler gegenseitig zu einer gemeinsamen Stützaktion zu verspannen.

Eine Abgrenzung der Röhrchenrinden zum Zwischenröhrchenhorn ist am Pferdehuf am besten im Kronhorn (Abb. 8-10) und Soh-

lenhorn (Abb. 21) möglich. Die Grenze zwischen Röhrchenrinden und dem Zwischenröhrchenhorn kann am genauesten in der Innenzone des Kronhorns gezogen werden, da sich die Zellen der Röhrchenrinde durch ihre Färbung und ihre Form ziemlich gut von denen des Zwischenröhrchenhorns unterscheiden (9/d-e). Doch ist oft auch in den oben genannten Gebieten des Pferdehufes eine klare Grenzziehung zwischen Röhrchenrinden und Zwischenröhrchenhorn nicht möglich. Daher ist auch beim Pferd die Rindendicke der Röhrchen nicht immer mit der gewünschten Genauigkeit zu erfassen. Denn nach KIND (1961), DIETZ et al. (1971) sowie LEOPOLD und PRIETZ (1980) kann auch das Verhältnis der Röhrchenrinden zu den Markräumen als ein Parameter für die Hornqualität gelten. Bei den Klautieren ist aber im Unterschied zum Pferd keine Grenze zwischen den Röhrchenrinden und dem Zwischenröhrchenhorn zu erkennen (WILKENS, 1964; GEYER, 1980; GEYER und TAGWERKER, 1986; ROSSKOPF, 1986).

Zur Beurteilung von pathologisch verändertem Horn sind Kenntnisse der Morphologie des normalen, unveränderten Horns eine wichtige Voraussetzung. Im unveränderten Horn färben sich in den Röhrchenrinden und im Zwischenröhrchenhorn die Zellgrenzen mit PAS nur leicht bis mässig rot an. Diese schwach bis mässig PAS-positiven Zellmembranen sind nach der PAS-Reaktion gut zu sehen, der Zelleib normaler Hornzellen wird mit PAS nicht angefärbt (10/b-c; 12/b-c). Bei Zerfallserscheinungen am Horn färben sich die Zellgrenzen mit PAS stärker an als oben erwähnt; auch der Zelleib kann PAS-positiv werden und ist dann rot gefärbt. Die Markräume unveränderter Röhrchen enthalten PAS-positive Zellreste und wenige Zellkerne oder sind stellenweise auch hohl (10/a; 12/a). Durch Zerfall der an das Mark angrenzenden Rindenzellen entstehen erweiterte Markräume, die mit PAS-positivem Mate-

rial gefüllt sind, in welchem auch zahlreiche Zellkernreste angereichert sein können (GEYER et al., 1984; GEYER und TAGWERKER, 1986; ROSSKOPF, 1986; LEU 1987).

An der Epidermis des Pferdehufes konnte nur im Saum- und Ballensegment ein Stratum granulosum nachgewiesen werden. Aehnlich findet man bei Rind und Schwein ausser im Saumsegment auch im hinteren Teil des Ballensegmentes ein Stratum granulosum. Beim Schaf dagegen kommt ein Stratum granulosum im ganzen Ballen- und Sohlensegment sowie in der Epidermis der Terminallagen des Wandsegmentes vor (ROSSKOPF, 1986). Nach WILKENS (1964) und GEYER (1980) ist ein Stratum granulosum nur dort zu finden, wo weiches Horn gebildet wird, während hartes, widerstandsfähiges Horn ohne Stratum granulosum entsteht.

B Besonderheiten der einzelnen Segmente

Saumsegment

Die Röhrchenstruktur ist vor allem in den distalen Bereichen des Saumhorns gegen die Oberfläche zu oft nicht mehr zu erkennen. Statt der Röhrchenstruktur sieht man hier Hohlräume in und zwischen den Hornzellen. Diese Hohlräume könnten durch Austrocknung entstanden sein, ähnlich wie es GEYER (1980) für das Saumhorn des Schweines vermutet. Die besonders in den tiefen Schichten des Saumhorns sichtbaren Röhrchen haben, wie auch schon von BRUHNKE (1931) erwähnt, eine ovale Form. Die Röhrchen sind parallel zur Oberfläche abgeplattet und enthalten enge oder mässig weite Markräume (Abb. 7). Im Saumhorn findet man vor allem in Nähe des Kronhorns, häufig veränderte Röhrchen, deren Markräume erweitert sind und oft zahlreiche Kernreste enthalten. Obwohl das Saumhorn

vor allem das unter ihm liegende Kronhorn vor Oberflächeneinflüssen schützen kann und es keine Stützfunktion hat, sind solche veränderten Saumhornröhrchen als Indikator für Zerfallserscheinungen am Horn zu sehen, die nicht allein auf das Saumhorn beschränkt sein müssen.

Kronsegment

Das Kronhorn des Pferdehufes und der Rinderklaue wurde schon von NICKEL (1938) und von WILKENS (1964) in eine Innen-, Mittel- und Aussenzone unterteilt. Das Kronhorn des Pferdes kann ähnlich wie bei den Klauentieren topographisch in je drei etwa gleich dicke Zonen mit den obigen Bezeichnungen unterteilt werden (GEYER, 1980; ROSSKOPF, 1986). Diese Einteilung kann für das Kronhorn der Vorderwand bis zur Trachte angewendet werden. Beim Pferd findet man wie bei den Klauentieren in der Innenzone des Kronhorns Röhrchen mit rundem Querschnitt. Gegen aussen flachen sich die Röhrchen beim Pferd und den Klauentieren mehr und mehr ab, so dass die Röhrchen der Mittel- und Aussenzone ovale Querschnitte aufweisen.

Am Pferdehuf findet man die dicksten Röhrchen mit dem grössten Aussendurchmesser in der Innenzone des Kronhorns. Dünne und englumige Röhrchen sind in grosser Zahl je in einem schmalen Streifen in der Innenzone des Kronhorns, am Uebergang zu den Hornblättchen, sowie in der Aussenzone des Kronhorns an seiner Grenze zum Saumhorn vorhanden (Abb. 8). Proximal von diesen Hornröhrchen sind die zugehörigen Lederhautpapillen besonders fein.

An der Seitenwand des Kronhorns sieht man auf Querschnitten in einer Zone von etwa 1-2 mm unter der Oberfläche häufig

Schräganschnitte von Kronhornröhrchen. Diese Röhrchen haben eine flachere Verlaufsrichtung als die übrigen Kronhornröhrchen des betreffenden Gebietes. Bei Pferden mit starker Ringbildung an der Kronhornoberfläche sind diese schräg verlaufenden Röhrchen besonders häufig.

In Zerreißversuchen wurden auch an Hornproben aus der Seitenwand, die zahlreiche schräggetroffene aber englumige Röhrchen enthielten, gute Festigkeitswerte gemessen (LEU, 1987); andererseits wurden die höchsten Werte der Festigkeit an solchen Seitenwandproben gemessen, an denen keine Abweichungen in der Verlaufsrichtung der Röhrchen nachzuweisen waren. Da auf Querschnitten durch die Seiten- und Trachtenwand in der oberflächennahen Zone des Kronhorns häufig schräg verlaufende Röhrchen gefunden werden, fragt man sich, wie die flachere Verlaufsrichtung dieser Röhrchen zustande kommt. Es ist denkbar, dass die von distal nach proximal schräg auf die Hornröhrchen und ihren Entstehungsbereich einwirkenden Druckkräfte zu dieser Aenderung im Röhrchenverlauf führen. Es bleibt offen, weshalb die übrigen Röhrchen der Seitenwand nicht ebenfalls in flacherem Verlauf nach distal ziehen.

Wandsegment

An den Coriumblättchen des Wandsegmentes sind die Sekundärblättchen, wie erwähnt, erst mikroskopisch zu erkennen. Die Sekundärblättchen sind von einem wenige Lagen dicken Epithel überzogen. Nach BUDRAS und PREUSS (1979) verhornen aber auch noch Zellen der die Sekundärblättchen überziehenden Wandepidermis, legen sich flach an die Seitenfläche der von proximal kommenden Hornblättchen und verbinden sich mit ihnen. Daher werden die Hornblättchen gegen distal ein wenig dicker

und die Coriumblättchen entsprechend schmaler, wie die Befunde von BUDRAS und PREUSS (1979), ERNST (1954) und die eigenen Ergebnisse übereinstimmend feststellen.

Die Hornblättchen entstehen nach NICKEL (1938), ZIEGLER (1951) und ERNST (1954) aus der Kronepidermis, an deren Uebergangsbereich zum Wandsegment. Nach BUDRAS und PREUSS (1979) stammt der zentrobasale Teil der Hornblättchen vom Kronsegment, während ihre lateroapikale Hülle von den Zellen der Wandepidermis gebildet und gegen distal allmählich dicker wird. Die Frage nach der Herkunft der Hornblättchen und deren Zuordnung zum Wandsegment wurde schon auf S. 17 diskutiert.

Beim Distalwachsen der Hornblättchen gleiten diese an der anliegenden weichen Epidermis des Wandsegmentes entlang (vgl. Abb. 14). Dabei lagern sich helle Zellen aus dem Stratum spinosum der Wandepidermis auf der einen Seite an die Hornblättchen und verankern sich an deren Hornfortsätzen. Auf der anderen Seite sind diese hellen Zellen mit den darunterliegenden Zellen des Stratum spinosum über Desmosomen verbunden. Beim Distalwachsen der Hornblättchen müssen die Desmosomen am Stratum spinosum immer wieder umgebaut werden (BUDRAS und PREUSS 1979). Dieses Distalgleiten der Hornblättchen auf den Zellen des Stratum spinosum nennen BUDRAS und PREUSS (1979) "Gleithaft", da ausser dem Distalgleiten eine feste Verbindung der Hornblättchen mit der die Lederhautblättchen bedeckenden, weichen Epidermis nötig ist. Denn an dieser Verbindungsstelle ist der Innenteil des Hufes an der Hufkapsel befestigt und diese Verbindung muss den Belastungskräften von Körpergewicht und Bewegung standhalten.

Die innen liegende Basis der Primärblättchen des Coriums ist normalerweise etwas breiter als der übrige Teil der Lederhautblättchen. Bei akuter Hufrehe beobachtete MARKS (1984), dass die Basis der Lederhautblättchen eingeengt ist und die Spitzen der hier anliegenden Hornblättchen kolbenartig verdickt sind.

In den Lederhautblättchen von unveränderten Hufen beschrieb LAUE (1987) viele weite Gefässanschnitte. Wie die eigenen Ergebnisse an Gefrierschnitten von nicht perfundierten Präparaten zeigen, sind solche weiten Gefässe auch ohne gefäss-erweiternde Perfusion zu finden.

Gegen distal am Wandsegment wird nach den eigenen Befunden, die sich mit der Beschreibung von BRUHNKE (1931) decken, nur wenig Kappenhorn gebildet. Als Kappenhorn werden diejenigen Hornzellen bezeichnet, die schalen- oder kappenartig auf den weichen Epidermiszellen am freien Rand der Primärblättchen liegen. Im Unterschied zum Pferd, bei dem das Kappenhorn nur aus wenigen Zellagen besteht, bildet das Rind sehr viel Kappenhorn (BRUHNKE, 1931; DIRKS, 1985). Beim Schwein kommt das Kappenhorn in mässiger Menge vor und ist in Tragrandnähe 100-200 µm dick (GEYER, 1980). Dagegen ist beim Schaf nur sehr wenig Kappenhorn vorhanden (ROSSKOPF, 1986).

Der distale Rand der Lederhautblättchen teilt sich beim Pferd etwa 2.5-3.5 cm über dem Tragrand in Zotten auf. Nach ANGERHAUSEN (1941) und den eigenen Befunden beginnen die Coriumblättchen von aussen nach innen aufzufransen. Von proximal gegen distal erscheinen zunächst aussen im Bereich des freien Randes der Blättchen die ersten Zotten (15/b); gegen distal folgen nach innen zu weitere Zotten, bis letztlich auch die Basis der Coriumblättchen zu Zotten aufgeteilt ist.

Die Epidermis, die distal diese Zotten überzieht, bildet das Terminallagenhorn, das als Röhrchenhorn ausgebildet ist (16/a-c).

Die Terminallagen sind viel breiter als die zwischen ihnen liegenden Hornblättchen, so dass das Horn der weissen Linie zu etwa 85% aus Terminallagenhorn und zu 15% aus Hornblättchen besteht (vgl. WISSDORF et al., 1983). Auch bei den Klauentieren sind die von weicher Epidermis überzogenen Coriumblättchen und entsprechend distal die Terminallagen viel breiter als die Hornblättchen, wie aus den Abbildungen von WILKENS (1964), GEYER (1980) und ROSSKOPF (1986) zu ersehen ist.

Die im allgemeinen gestreckt verlaufenden Hornblättchen zeigen gelegentlich auf Querschnitten distal im Wandsegment einen leicht geschlängelten Verlauf. Die Hornblättchen des Pferdes sind aber viel weniger gebogen als beim Schaf, bei dem nach ROSSKOPF (1986) distal im Wandsegment stark S-förmig gebogene Hornblättchen die Regel sind.

Das zwischen den Hornblättchen liegende Terminallagenhorn ist lockerer gebaut als die Hornblättchen und zeigt, wie an Hornproben ausserhalb dieser Untersuchung zu sehen war, oft auch Zerfallserscheinungen. Falls versucht wird, durch medikamentöse Behandlung die Hornqualität zu verbessern, bzw. den vorzeitigen Zerfall des Hornes zu verhindern, wie z.B. durch Langzeitbehandlung mit dem Vitamin Biotin, ist es von besonderem Interesse, die Erneuerungszeit des Horns in bestimmten Hufpartien zu kennen. Beim Pferd ist das Terminallagenhorn etwa 2-2.5 cm über dem Tragrand vollständig ausgebildet, die zugehörigen hornbildenden Zellen sind bei gepflegten Hufen bis zu 3 cm, maximal 3.5 cm vom Tragrand ent-

fernt. Unter Annahme einer gleichen Wachstumsrate von Terminallagenhorn und Kronhorn wäre bei einer Wachstumsrate von 8 mm pro Monat das Terminallagenhorn der weissen Linie in 3-4 Monaten erneuert. Die von weiter proximal stammenden Teile der Hornwand wie die Hornblättchen und das Kronhorn brauchen jedoch wesentlich länger bis sie erneuert sind. Die gesamte Erneuerungszeit der Vorderwand beträgt beim Warmblutpferd ca. 1 Jahr (LEU, 1987).

Trachtenbereich und Eckstrebe

In der Trachtenwand sind die deutlich palmar geneigten Lederhautblättchen kürzer und dicker als an der Vorderwand des Hufes. Die eigenen Befunde stehen in Uebereinstimmung mit ANGERHAUSEN (1941), der hier auch verzweigte Blättchen (18/a) beschreibt. Entsprechend der Neigung der Lederhautblättchen sind auch die Hornröhrchen der Innenzone und palmar auch der Mittelzone des Kronhorns in Reihen gegen palmar angeordnet, wie es auch bei NICKEL (1938) und HABACHER (1948) dargestellt ist. Das Kronhorn, dessen Dicke von der Vorderwand über die Seitenwand zur Trachte stets abnimmt, ist erst im Eckstrebenwinkel wieder verdickt, was die Belastungsfähigkeit dieser Stelle deutlich erhöhen dürfte. Auf Querschnitten durch die Trachten kann man in der Aussenzone des Kronhorns auch schräggetroffene Röhrchen finden, die aber seltener als an der Seitenwand sind. In den äusseren Schichten des Saumhorns dagegen nehmen Vakuolen und Spalten in palmarer Richtung zu.

An der axial liegenden Eckstrebe ist die Ausrichtung der Zotten, Blättchen und Röhrchen gegen palmar zum Eckstrebenwinkel besonders ausgeprägt. Im Kronhorn der Eckstrebe sind die Hornröhrchen bis zur Aussenzone in Reihen gegen palmar angeordnet (19/d). Die Kronhornröhrchen der Eckstrebe entsprechen überwiegend dem flachspiralig gewickelten Typ von NICKEL (1938), wobei die spindelförmigen Rindenzellen mit ihrer grossen Achse meist zirkulär um das Röhrchenmark angeordnet sind.

Sohle

Das Sohlenhorn kann beim Pferd ähnlich wie beim Schwein (GEYER, 1980), aber im Gegensatz zu den Wiederkäuern (WILKENS, 1964; ROSSKOPF, 1986) gut vom Strahl- bzw. Ballenhorn unterschieden werden. Das Sohlenhorn des Pferdes besteht überwiegend aus ovalen Röhrchen, die parallel zur Oberfläche abgeflacht sind und relativ dicht beieinander liegen (21/a-b). Die Sohlenröhrchen sind meist flachspiralig gewickelte Röhrchen, bei denen die in einer Richtung verlängerten spindelförmigen Rindenzellen mit ihrer Längsachse zirkulär um das Röhrchenmark verlaufen (NICKEL, 1938; WILKENS, 1964).

Axial vom Tragrand sind die an die Terminallagen angrenzenden Sohlenröhrchen deutlich in Reihen angeordnet (17/f). Diese Reihen der Sohlenröhrchen sind radiär ausgerichtet und bilden die Fortsetzung der Reihen der Terminallagenröhrchen (17/d). Wie auch schon von WALZ (1951) erwähnt, befinden sich in diesen Röhrchenreihen am peripheren Sohlenrand auch die Röhrchen mit dem grössten Querdurchmesser (Abb. 17).

Die in den oberflächlichen Schichten des Sohlenhorns häufig vorkommenden Risse sind in der Regel am Uebergang der Röhrenrinden ins Zwischenröhrchenhorn (21/c) zu finden. Diese Rissbildungen dürften für das Abbröckeln und Abschliffen der oberflächlichen Sohlenhornschichten verantwortlich sein. Treten solche Risse schon in den tiefen Schichten des Sohlenhorns auf, so kann dies bereits pathologisch sein und dürfte ein übermässiges Abbröckeln des Sohlenhorns begünstigen.

Strahl und Ballen

Das Strahl- und Ballenhorn des Pferdehufes weisen eine ähnliche Anfärbbarkeit auf wie das Saumhorn. Die Hornröhrchen des Strahls entsprechen überwiegend dem flachgewickelten Röhrchentyp. Im Unterschied zum Sohlenhorn liegen die Strahlröhrchen sehr dicht und oft in Gruppen beisammen. Die relativ hohe Röhrchenzahl im Strahlhorn (Tab. 1) könnte auf diese Röhrchengruppen zurückzuführen sein, da jeder Markraum als ein Röhrchen gezählt wurde. Röhrchengruppen konnten auch im Kronhorn des Eckstrebenwinkels (20/a-b) gefunden werden; der Begriff "Röhrchengruppe" wurde bereits auf S. 22 definiert.

Der geschlängelte Verlauf der Strahlhornröhrchen, der in Längsschnitten gut zu erkennen ist (22/a-b), ist für das Strahlhorn typisch und wurde auch schon von WALZ (1951) erwähnt. WILKENS (1964) und ROSSKOPF (1986) beschreiben bei Rind und Schaf im Ballenhorn, ebenfalls einen leicht bogigen Verlauf der Hornröhrchen, wobei der Ballen der Klauentiere zum grössten Teil dem Strahl des Pferdes entspricht.

In den untersuchten Strahlhornproben waren Risse im Vergleich zum Sohlenhorn seltener. Sie betrafen ebenfalls die oberflächlichen Strahlhornschichten. Im palmar anschliessenden Ballenhorn waren Risse in den oberflächlichen Hornschichten wieder häufiger als im Strahl.

Im Unterschied zum Strahl verhornt die Epidermis des Ballens ähnlich wie im Saumsegment über ein Stratum granulosum. Die parallel zur Oberfläche deutlich abgeplatteten Ballenröhrchen liegen meist einzeln und nur selten in Gruppen beisammen wie im Strahlhorn.

Zahl der Hornröhrchen pro Flächeneinheit

Wie bereits bei den Befunden erwähnt, wird die Zahl der Röhrchen pro Flächeneinheit neben anderen Merkmalen als ein Parameter zur Beurteilung der Hornqualität verwendet. Die Zählung der Röhrchen sowie die Bewertung der Röhrchenzahlen muss auch beim Pferd mit Vorbehalten erfolgen. Bei manchen Pferden sind auch in den Röhrchenrinden des Kronhorns zusätzliche Markräume zu sehen, die ähnlich wie im Strahlhorn die Zahlen erhöhen können. Ausserdem können im Zwischenröhrchenhorn zusätzlich kleine Röhrchen auftreten. Manchmal sind hier nur Markräume zu sehen, bei denen nicht auszuschliessen ist, ob es sich hier statt um echte Markräume nicht um zerfallene Hornzellen des Zwischenröhrchenhorns handelt.

Beim Vergleich der Röhrchenzahlen des Pferdes (Tab. 1) mit denen der Klauentiere (Rind: FUCHS, 1976; WALZ, 1979; DIETZ und PRIETZ, 1981. Schaf: ROSSKOPF, 1986. Schwein: KASTNER, 1976; GEYER, 1980; HAERTEL, 1985; von SCHULENBURG et al., 1986) fällt auf, dass die Röhrchenzahlen beim Pferd in allen Segmenten niedriger als bei den Klauentieren sind. Besonders

im Kronhorn sind die Röhrchenzahlen des Pferdes mit 8-14 Röhrchen pro mm^2 viel niedriger als bei den Klauentieren, bei welchen um 100 Röhrchen pro mm^2 , beim Rind 50-100 Röhrchen pro mm^2 gezählt wurden. Die eigenen Zählungen der Kronhornröhrchen des Pferdes ergaben höhere Werte als die Zählungen von KIND (1961), der im Kronhorn des Hauspferdes und anderer Equiden nur 5-9 Röhrchen pro mm^2 fand.

Uebereinstimmend zu den Klauentieren sind auch in der Innenzone des Kronhorns beim Pferd weniger Röhrchen als in der Aussenzone vorhanden. Nach LEACH und ZOERB (1983) ist auch die Druckfestigkeit des Kronhorns der Innenzone geringer und beträgt nur etwa 60% der in der Aussenzone gemessenen Werte.

Im Kronhorn von Klauentieren nimmt die Röhrchenzahl pro Flächeneinheit von der Vorderwand in Richtung Trachtenwand ab (DIETZ und PRIETZ 1981; ROSSKOPF, 1986; GEYER, 1980; HAERTEL, 1985). Dagegen wurden im Kronhorn der Seiten- und Trachtenwand des Pferdehufes sehr ähnliche Röhrchenzahlen wie an der Vorderwand gefunden (Tab. 1). In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die Zerreiissfestigkeit von Hornproben aus der Seitenwand oft deutlich höher war als an der Vorderwand derselben Hufe (LEU, 1987).

Die Zählung der Hornröhrchen kann nur Anhaltspunkte zur Beurteilung der Hornqualität geben. Die Anwendung geeigneter physikalischer Methoden zur Messung der Festigkeit erlauben eine bessere Prüfung und Beurteilung der Hornqualität. Die histologische Untersuchung von Hornproben ermöglicht einen guten Ueberblick über den Feinbau des Hornes. Dabei können vom erfahrenen Untersucher pathologische Veränderungen erfasst werden, die als Zeichen einer Qualitätsminderung des Hornes anzusehen sind.

C Schlussbemerkungen

Die vorliegende Arbeit möchte eine Uebersicht vom histologischen Bau bestimmter Stellen des Hufes geben. Sie ist darauf ausgerichtet, die typischen Merkmale der betreffenden Stellen zu charakterisieren und diese mit Bildern zu belegen. Dabei konnte und wollte man nicht ausführlich auf spezifische Details eintreten.

Die Darstellung des histologischen Baus der Hufepidermis und des anliegenden Coriums soll die nötigen Grundlagenkenntnisse über den histologischen Bau des Pferdehufes vermitteln und möchte dem Untersucher eine Hilfe bei der Beurteilung von Gewebeproben sein. Zur richtigen Beurteilung von histologischen Veränderungen an Epidermis und Corium des Hufes muss ein Untersucher aber auch Zeit investieren, um sich auf diesem Gebiet die nötige Erfahrung anzueignen.

Die histologische Untersuchung zahlreicher Hornproben aus dem proximalen und distalen Bereich der Hornwand (GEYER et al., 1986; LEU, 1987 und weitere unveröffentlichte Ergebnisse) bestätigte, dass der Vergleich des histologischen Befundes einer fraglichen Probe mit Normalbefunden es ermöglicht, allfällige Veränderungen korrekt zu erfassen und zu bewerten. Da nach GEYER et al. (1986) die Entnahme von Proben aus den oberflächlichen Schichten des Hornes auch am lebenden Pferd möglich ist, kann durch histologische Untersuchung des Hornes oft gezeigt werden, dass z.B. bei bröckligem Horn mikroskopisch bereits Zerfallerscheinungen zu sehen sind wie sie auf S. 35 aufgeführt sind. Solche Zerfallerscheinungen sind aber meist nur in umschriebenen Bezirken neben morphologisch unverändertem Horn nachzuweisen.

Da Hufschäden, wie eingangs erwähnt, beim Pferd sehr häufig sind, ist es wichtig, vermehrt mikroskopische Untersuchungen der beteiligten Gewebe vorzunehmen, um bessere Auskunft über das Ausmass von Veränderungen im mikroskopischen Bereich zu erhalten. Durch Gefrierschneiden der Hufproben im Kryostaten und schwimmend Färben der Schnitte, ist es bei mässigem Zeitaufwand möglich, geeignete histologische Präparate herzustellen. Eine Kombination von histologischen und physikalischen Untersuchungen an Hornproben ist zeitaufwendig, aber geeignet, um Zusammenhänge zwischen Struktur und Festigkeit aufzuzeigen.

V. ZUSAMMENFASSUNG

An je einem Vorderhuf und einem Hinterhuf von 5 Warmblutpferden wurde der Feinbau der Epidermis an 14 definierten Lokalisationen lichtmikroskopisch untersucht und mit den Befunden an den Klauen von Rind, Schaf und Schwein verglichen.

Am Hornschuh des Pferdes kann zwischen 3 verschiedenen Röhrchentypen unterschieden werden. In der Innenzone des Kronhorns findet man Röhrchen, deren spindelförmige Rindenzellen mit ihrer grossen Achse vorwiegend parallel zum Röhrchenmark angeordnet sind. Im Kronhorn der Eckstrebe sowie in der Sohle und im Strahl verlaufen die spindelförmigen Rindenzellen mit ihrer grossen Achse meist zirkulär um die Markräume der Röhrchen. In der Mittel- und Aussenzone des Kronhorns sind die Rindenzellen in keiner Richtung verlängert und haben eine flachovale, pfannkuchenähnliche Form.

Das Wandsegment des Pferdehufes beginnt bereits auf einer Höhe von 1.5-2 cm unter dem Kronrand und das Corium hat ausser den Primärblättchen die für das Pferd typischen Sekundärblättchen. Im Uebergangsbereich Wand-Sohle ist das Terminallagenhorn 5-8 mal breiter als die Hornblättchen. In der Sohle sind Risse in den oberflächlichen Hornschichten als normal anzusehen. Im Strahlhorn verlaufen die Hornröhrchen meist geschlängelt und liegen oft in Gruppen beisammen. Die Ballenepidermis ist der Saumepidermis sehr ähnlich, beide verhornen über ein Stratum granulosum und die Röhrchenstruktur ist oft nur in den tiefen Hornschichten zu erkennen.

Der histologische Befund von Hufhornproben kann auch als Merkmal zur Beurteilung der Hufhornqualität dienen. Die Beschreibung der unveränderten Hufepidermis soll die Grenzziehung zwischen Normalzustand und pathologischen Veränderungen erleichtern, da diese als deutliche Zeichen einer Qualitätsminderung anzusehen sind.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

- BAUER, T., 1942: Handbuch des Hufbeschlages. Verlag E.S. Mittler und Sohn, Berlin.
- BRUHNKE, J., 1931: Vergleichende Untersuchungen der Hornwandstruktur des Zehenendes bei Huf- und Klauentieren. Dtsch. Tierärztl. Wschr. 39, 4-10.
- BUDRAS, K.D., und F. PREUSS, 1979: Elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Hornbildung im Hyponychium des Pferdenufes. Der prakt. Tierarzt, 129-136.
- BUTLER, K.D. Jr., and H.F. HINTZ, 1977: Effect of level of feed intake and gelatin supplementation on growth and quality of hoofs of ponies. J. Animal Sci. 44, 257-261.
- COMBEN, N., R.J. CLARK, and D.J.E. SUTHERLAND, 1984: Clinical observations on the response of equine hoof defects to dietary supplementation with biotin. Vet. Rec. 115, 642-645.
- DIETZ, O., H. GAENGEL, und K. KOCH, 1971: Die Erhaltung der Gliedmassen- und Klauengesundheit unter modernen Produktionsbedingungen. Mh. Vet. Med. 26, 241-246.
- DIETZ, O., und G. PRIETZ, 1981: Klauenhornqualität, Klauenstatus. Mh. Vet. Med. 36, 419-422.
- DIRKS, C., 1985: Makroskopische, licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen über den Rückenteil der Rinderklaue. Diss. Freie Universität Berlin.

- ERNST, R., 1954: Die Bedeutung der Wandepidermis des Pferdehufes für die Hornbildung. Diss. Bern; Acta anat. 22, 15-48.
- FUCHS, G., 1976: Aspekte zum Begriff der Grossanlagentauglichkeit Klauengesundheit. Mh. Vet. Med. 31, 930-935.
- GEYER, H., 1979: Morphologie und Wachstum der Schweineklaue. Grundlagen für Stallbodengestaltung und Klauenpathologie. Habilitationsschrift Zürich. Kurzfassung: Schweiz. Arch. Tierheilk. 121, 275-293.
- GEYER, H., 1980: Zur mikroskopischen Anatomie der Epidermis an der Schweineklaue. Zbl. Vet. Med. C 9, 337-360.
- GEYER, H., J. SCHULZE, K. STREIFF, F. TAGWERKER, L. VOELKER, 1984: Der Einfluss des experimentellen Biotinmangels auf Morphologie und Histochemie von Haut und Klauen des Schweines. Zbl. Vet. Med. A 31, 519-538.
- GEYER, H., V. ESSLINGER, P. WIGET, und U. LEU, 1986: Histologische und physikalische Untersuchungen zur qualitativen Beurteilung des Hufhorns beim Pferd. 16. Kongress der Europäischen Vereinigung der Veterinär-Anatomen, Budapest 24. - 29. 8. 1986.
- GEYER, H., and F. TAGWERKER, 1986: The pig's hoof: Its structure and alterations. Hoffmann-La Roche, Basel.
- HABERMEHL, K.H., 1984: Haut und Hautorgane. In NICKEL R., A. SCHUMMER, E. SEIFERLE: Lehrbuch der Anatomie der Haustiere, Bd. 3, 2. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

- HAERTEL, M., 1985: Histometrische Untersuchungen, Wasser- und Aschegehaltsbestimmungen am Klauenhorn von Mastschweinen. Diss. Hannover.
- HINZPETER, A., 1952: Lehrbuch der Physik. Verlag Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen.
- HURTIENNE, H., 1985: Therapeutische Anwendung von Biotin bei Huferkrankungen des Pferdes. Vortrag an Equitana-Fachtagung über Pferdekrankheiten. Essen, 8. - 9. 3. 1985.
- KASTNER, D., 1976: Untersuchungen zur Klauenhistologie als Qualitätsparameter beim L-Schwein. Diss. Humboldt-Universität, Berlin.
- LAUE, E., 1987: Makroskopische, licht- und elektronenmikroskopische Untersuchung über das Lymphgefäßsystem des Pferdes vom Huf bis zum Karpalgelenk. Diss. Freie Universität Berlin.
- LEACH, D.H., and L.W. OLIPHANT, 1983: Ultrastructure of the equine hoof wall secondary epidermal lamellae. Am J. Vet. Res. 44, 1561-1570.
- LEACH, D.H., and G.C. ZOERB, 1983: Mechanical properties of hoof wall tissue. Am J. Vet. Res. 44, 2190-2194.
- LEOPOLD, G., und G. PRIETZ, 1980: Die Bedeutung der Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und histologischen Merkmalen für die Erkennung der Klauenhornqualität beim Rind. Mh. Vet. Med. 35, 173-175.

- LEU, U., 1987: Vergleichende Untersuchungen über den Einfluss von oral verabreichtem Biotin auf das Hufhorn beim Pferd. Diss. Zürich.
- LEUTHOLD, A., Zit. nach ZIEGLER, H., 1951: Ueber die Bildung des Hufhorns. Schweiz. Arch. Tierheilk. 93, 295-307.
- MARKS, G., 1984: Makroskopische, licht- und elektronenoptische Untersuchung zur Morphologie des Hyponychiums bei der Hufrehe des Pferdes. Diss. Freie Universität Berlin.
- NICKEL, R., 1938: Ueber den Bau der Hufröhrchen und seine Bedeutung für den Mechanismus des Pferdehufes. Gegenbaur's Morphol. Jb. 82, 119-160.
- ROMEIS, B., 1968: Mikroskopische Technik, 16. Aufl. Verlag R. Oldenbourg, München und Wien.
- ROSSKOPF, M., 1986: Mikroskopische Anatomie der Klauenepidermis des Schafes. Diss. Zürich.
- RUTHE, H., 1978: Der Huf. Lehrbuch für den Hufbeschlag-schmied. 3. Aufl., Verlag Gustav Fischer, Stuttgart und Jena.
- SCHULENBURG, A. von, K. MEYER, und B. DIERKS-MEYER, 1986: Orthopädische und mikrostrukturelle Untersuchungen am Klauenhorn von Mastschweinen in verschiedenen Aufstallungsarten. Zbl. Vet. Med. A, 33, 767-776.
- SCHWYTER, H., 1928: Der schweizerische Militär-Hufschmied. Verlag von Fachschriften-Verlag und Buchdruckerei AG, Zürich.

- WALZ, E., 1951: Bau der Epidermis des Pferdehufes und ihre Verbindung mit Epidermisplatte, -ballen und -strahl. Diss. Hannover, 1951.
- WALZ, J., 1979: Histologische Untersuchungen zur Erfassung der Klauenqualität beim Rind. Diss München.
- WEBB, N.G., R.H.C. PENNY, and A.M. JOHNSTON, 1984: Effect of a dietary supplement of biotin on pig hoof horn strength and hardness. Vet. Rec. 114, 185-189.
- WILKENS, H., 1964: Zur makroskopischen und mikroskopischen Morphologie der Rinderklaue mit einem Vergleich der Architektur von Klauen- und Hufröhrchen. Zbl. Vet. Med. A 11, 163-234.
- WINTZER, H.-J., 1986: Der Einfluss einer Vitamin-H-Substitution auf Wachstum und Beschaffenheit des Hufhorns. Tierärztl. Prax. 14, 495-500.
- WISSDORF, H., H. WILKENS und B. HERTSCH, 1983: Benennung der weissen Linie des Pferdehufes. Tierärztl. Prax. 11, 503-506.
- ZIEGLER, H., 1951: Ueber die Bildung des Hufhorns. Schweiz. Arch. Tierheilk. 93, 295-307.

VII. ABBILDUNGEN 1-22

VII. ABBILDUNGEN

Abb. 1-2 Probeentnahmestellen von Epidermis und Corium für die mikroskopischen Untersuchungen. Die Proben wurden jeweils vom linken Vorderhuf und rechten Hinterhuf entnommen.

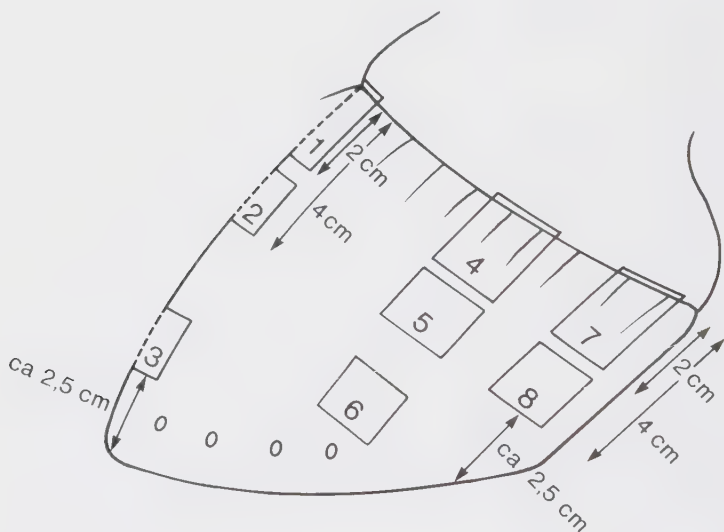


Abb. 1 Huf einer linken Gliedmasse, Ansicht von lateral.
1 Vorderwand proximal; 2 Vorderwand Mitte; 3 Vorderwand distal; 4 Seitenwand proximal; 5 Seitenwand Mitte; 6 Seitenwand distal; 7 Trachte proximal; 8 Trachte distal.

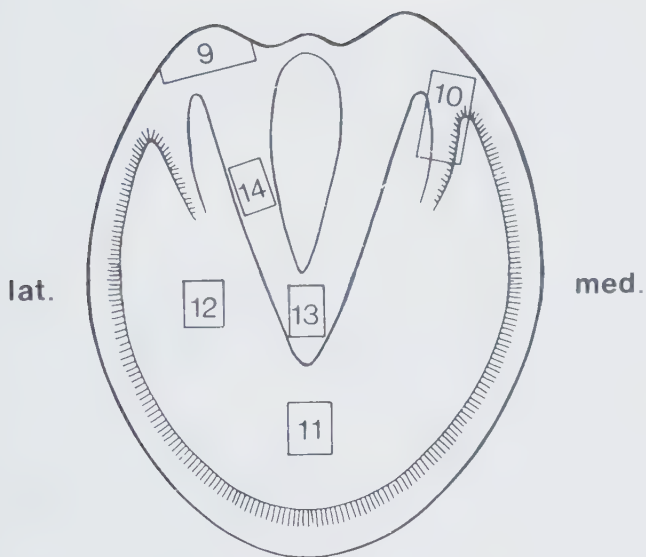


Abb. 2 Huf einer linken Gliedmasse, Ansicht von der Sohlenfläche.

9 Uebergangsbereich Trachte-Ballen; 10 Eckstrebe; 11 Sohlenkörper; 12 lateraler Sohlenschenkel; 13 Strahlspitze, 14 lateraler Strahlschenkel.

Die Abbildungen 3-4 und 6-22 stammen von Hufen von 500-600 kg schweren Warmblutpferden. Falls nichts anderes erwähnt ist, wurden die histologischen Präparate mit der Alcianblau-PAS-Reaktion gefärbt.

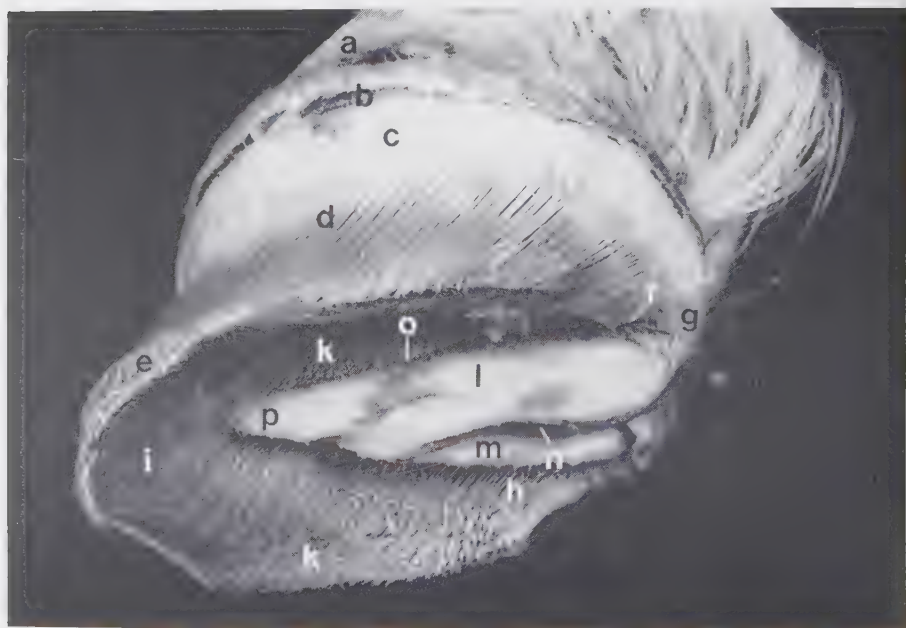


Abb. 3 Huflederhaut eines linken Vorderhufes nach Ausziehen des Hornschuhs. Ansicht von lateral und distal.

a behaarte Haut; b Saumlederhaut; c Kronlederhaut; d Blättchen der Wandlederhaut; e Zotten am distalen Ende der Coriumblättchen; f hinterer Trachtenrand; g Ballenlederhaut; h Coriumblättchen der Eckstrebe; i Sohlenkörper; k seitlicher Sohlenschenkel; l lateraler Strahlschenkel; m medialer Strahlschenkel; n mittlere Strahlfurche; o seitliche Strahlfurche; p Strahlspitze.

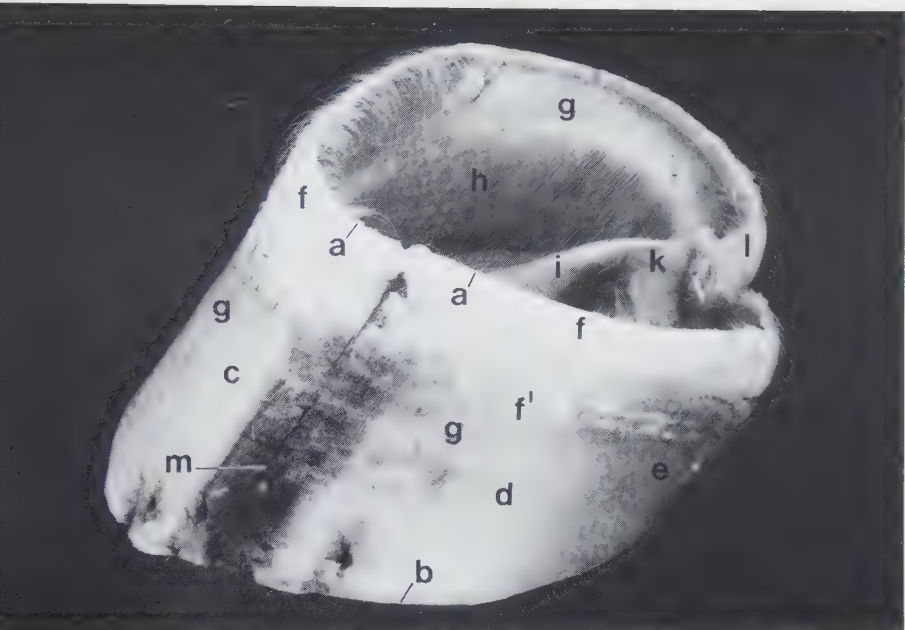


Abb. 4 ausgezogener Hornschuh des Hufes von Abb. 3, Ansicht von lateral und proximal.

a Kronrand; b Tragrand; c Vorderwand; d Seitenwand; e Trachtenwand; f-h Hornwand: f Saumhorn; f' Reste des Saumhorns; g Kronhorn; h Hornblättchen; i mediale Strahlleiste; k Hahnenkamm über der mittleren Strahlfurche; l Ballen; m Sägelinie der zuvor abgetrennten Hornwand.

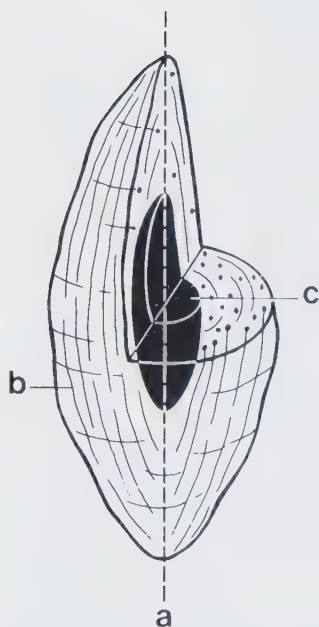


Abb. 5 Spindelförmige Hornzelle in Anlehnung an WILKENS (1963).

a grosse Achse; b Keratinfibrillen vorwiegend in Längsrichtung angeordnet; c Zellkern.

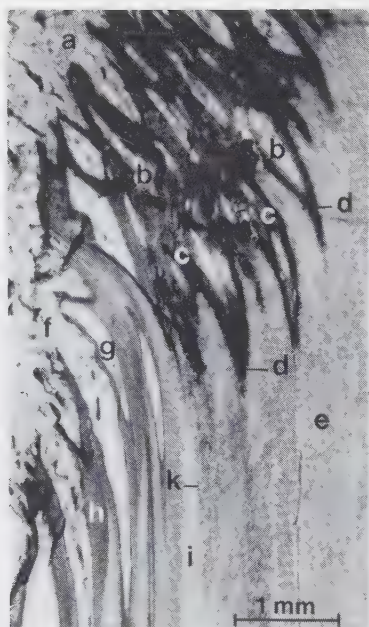


Abb. 6 Längsschnitt durch Saum- und Kronsegment der Vorderwand.

a-e Saumsegment: a Corium mit seinen Zotten (b); c Stratum spinosum; d Str. granulosum; e Str. corneum; f-i Kronsegment: f Corium mit seinen Zotten (g); h Str. spinosum; i Str. corneum; k Grenze zwischen Saum- und Kronhorn.

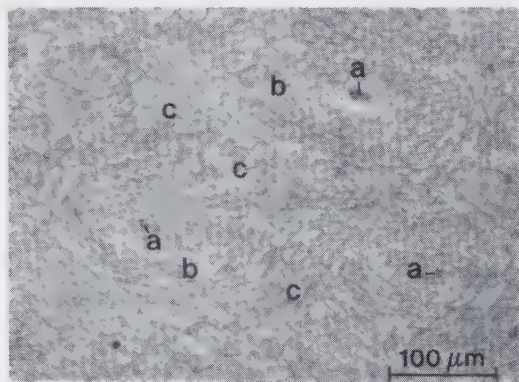


Abb. 7 Querschnitt durch das Stratum corneum des Saumsegmentes.

a-b Saumhornröhrchen: a Röhrchenmark; b Zellen der Röhrchenrinde; c Zellen des Zwischenröhrchenhorns.

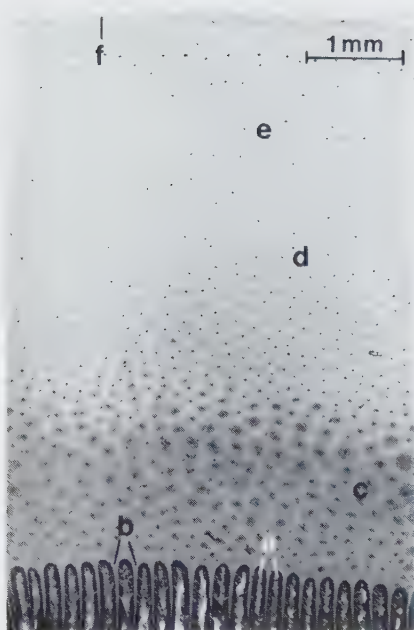


Abb. 8 Querschnitt durch das Kronhorn der Vorderwand,
 Schnittebene ca. 2 cm distal vom Kronrand.
 a Lederhautblättchen des Wandsegmentes; b Hornblättchen;
 c-f Röhrchenhorn mit c Innenzone, d Mittelzone, e Aussen-
 zone, f Aussenfläche des Kronhorns.



Abb. 9 Querschnitt durch die Innenzone des Kronhorns. Ausschnitt aus Abb. 8.

a freier Rand eines Lederhautblättchens von unverhorntem Epithel überzogen; b Hornblättchen; c-d Kronhornröhrchen: c Röhrchenmark mit PAS-positiver Substanz, c' Röhrchenmark mit optisch leerem Markraum; d spindelförmige Rindenzellen, die mit ihrer grössten Achse vorwiegend längs zur Röhrchenachse ausgerichtet sind; e Zellen des Zwischenröhrchenhorns.

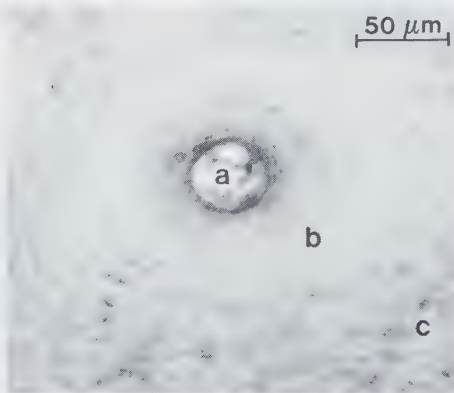


Abb. 10 Querschnitt durch die Aussenzone des Kronhorns, Ausschnitt aus Abb. 8.

a-b Kronhornröhrchen der Aussenzone: a Röhrchenmark; b Rindenzellen, die zirkulär um die Markräume angeordnet sind; c Zellen des Zwischenröhrchenhorns.

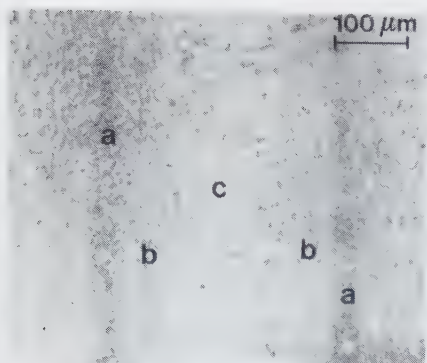


Abb. 11 Längsschnitt durch die Innenzone des Kronhorns der Vorderwand, ca. 2cm distal vom Kronrand.

a-b Kronhornröhrchen der Innenzone: a Röhrchenmark; b Zellen der Röhrchenrinde; c Zellen des Zwischenröhrchenhorns, die vorwiegend senkrecht zur Röhrchenachse angeordnet sind.

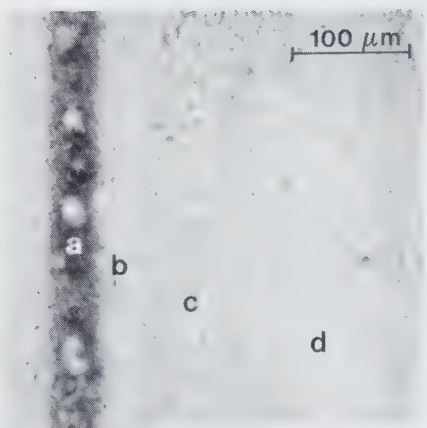


Abb. 12 Längsschnitt durch die Aussenzone des Kronhorns der Vorderwand, ca. 2cm distal vom Kronrand.

a-b Kronhornröhrchen der Aussenzone: a Röhrchenmark; b Röhrchenrinde; c Zellen des Zwischenröhrchenhorns, die in einem Winkel von ca. 45° zur Oberfläche geneigt sind; d Röhrchenrinde eines tangential getroffenen Röhrchens.

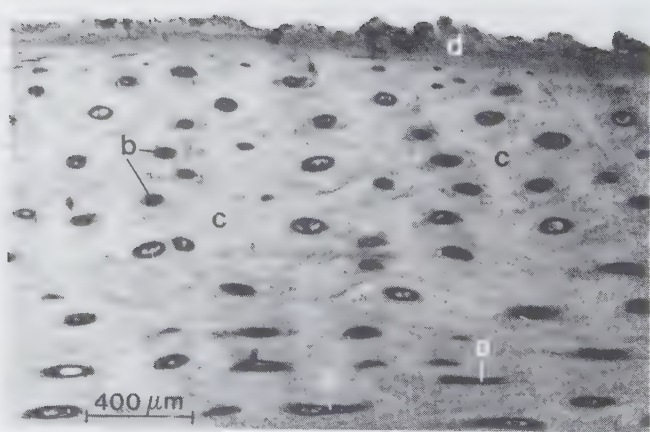


Abb. 13 Querschnitt durch das Horn der Seitenwand, Schnittebene ca. 2 cm distal vom Kronrand.

a-c Kronhorn: a schräg getroffene Röhrchen; b quer getroffene Röhrchen; c Zwischenröhrchenhorn; d Saumhorn.



Abb. 14 Querschnitt durch Corium- und Epidermisblättchen der Vorderwand, Schnittebene ca. 2 cm distal vom Kronrand. a Primärblättchen der Wandlederhaut mit seinen Sekundärblättchen (b); c Hornblättchen; d unverhorntes Epithel der Sekundärblättchen; e Kronhornröhrchen; f Zwischenröhrchenhorn.

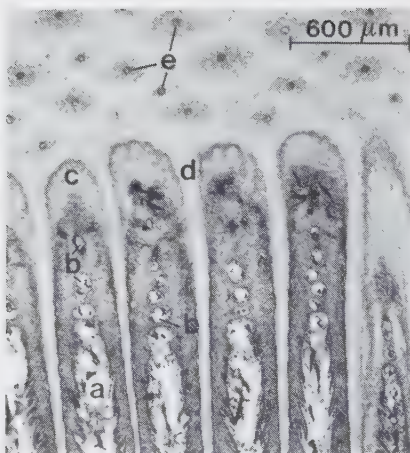


Abb. 15 Querschnitt durch den Uebergangsbereich Wand-Sohle der Vorderwand, Schnittebene ca. 2,5 cm proximal vom Tragrand.

a Lederhautblättchen; b distales Ende der Lederhautblättchen mit Zotten besetzt; c Epidermiszellen, die den Enden der Coriumblättchen aufliegen; d Hornblättchen; e Kronhornröhrchen.

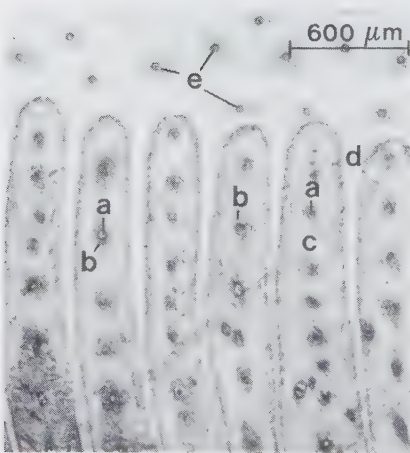


Abb. 16 Querschnitt durch den Uebergangsbereich Wand-Sohle der Vorderwand, Schnittebene ca. 2 cm proximal vom Tragrand.

a-c vollständig ausgebildetes Terminallagenhorn: a Röhrchenmark; b Röhrchenrinde; c Zwischenröhrchenhorn; d Hornblättchen; e Kronhornröhrchen.

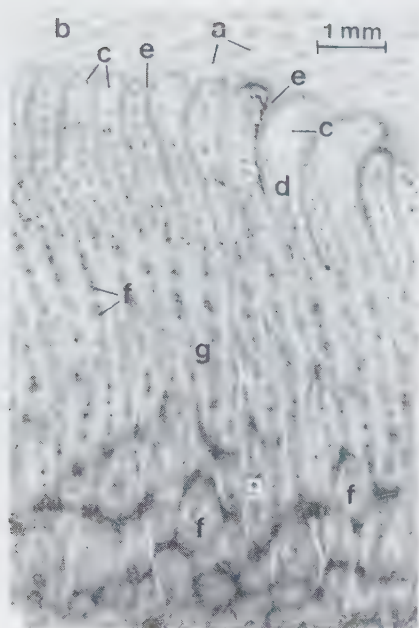


Abb. 17 Querschnitt durch den Uebergangsbereich Wand-Sohle der Seitenwand, Schnittebene ca. 2 cm proximal vom Tragrand. a Kronhornröhrchen, die deutlich in Reihen Richtung palmar angeordnet sind; b Zwischenröhrchenhorn; c-d Terminallagenhorn: c Hornröhrchen; d Zwischenröhrchenhorn; e Hornblättchen; f-g Sohlenhorn: f Hornröhrchen; g Zwischenröhrchenhorn.

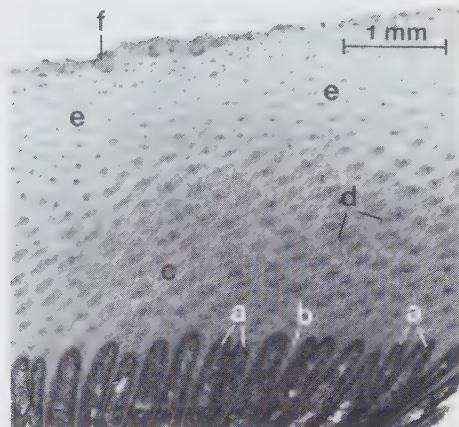


Abb. 18 Querschnitt durch die Hornwand der Trachte, Schnittebene ca. 2 cm distal vom Kronrand.

- a verzweigtes Coriumblättchen mit Neigung Richtung palmar;
- b Hornblättchen, die deutlich dicker sind als in der Vorderwand;
- c Kronhornröhrchen in Reihen Richtung palmar angeordnet;
- d Röhrchengruppen;
- e Zwischenröhrchenhorn des Kronhorns;
- f Saumhorn der Trachte.

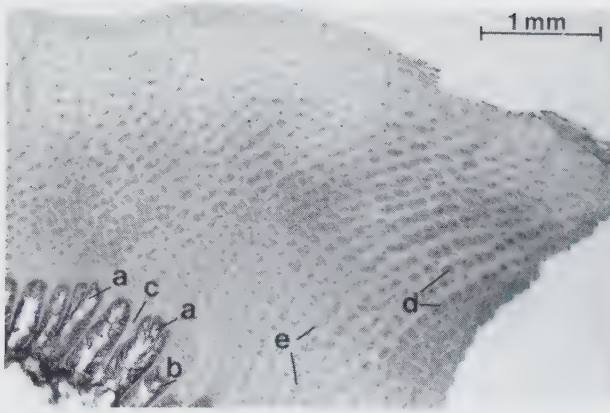


Abb. 19 Querschnitt durch den Bereich des Eckstrebenwinkels.

a verzweigtes Lederhautblättchen; b beginnende Terminal-
lagen; c Hornblättchen; d-e Kronhorn: d Röhrrchenreihen
Richtung palmar angeordnet; e Röhrrchengruppe.

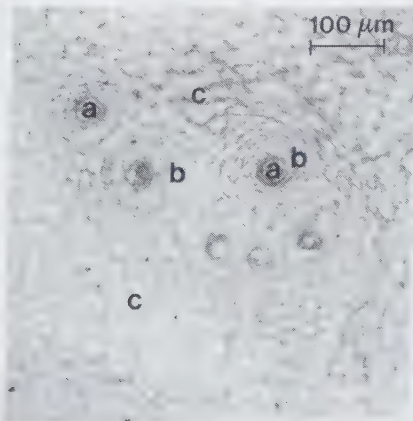


Abb. 20 Röhrrchengruppe, Aus-
schnitt aus Abb. 19.

a Röhrrchenmark; b Zellen der
Röhrrchenrinde; c Zellen des
Zwischenröhrrchenhorns.

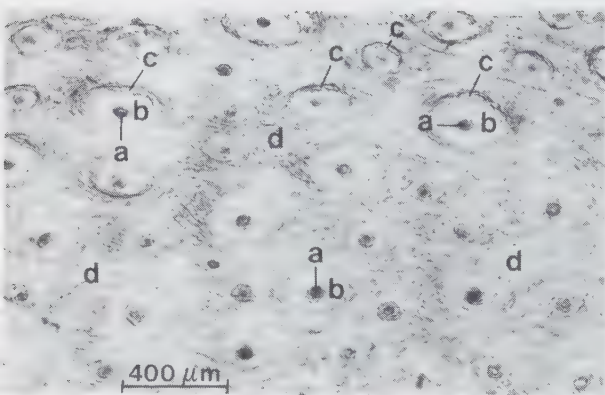


Abb. 21 Schnitt durch das Horn des Sohlenkörpers; senkrecht zu den Hornröhrchen.

a-c Sohlenhornröhrchen: a Röhrchenmark; b Zellen der Röhrchenrinde, die mit ihrer grossen Achse vorwiegend zirkulär um das Röhrchenmark angeordnet sind; c Risse an der Grenze zwischen Rinde und Zwischenröhrchenhorn; d Zwischenröhrchenhorn.

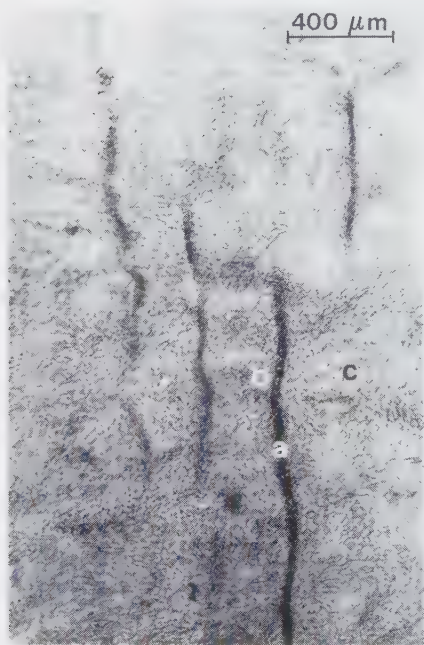


Abb. 22 Längsschnitt durch das Strahlhorn. a-b geschlängelttes Hornröhrchen: a Röhrchenmark; b Rindenzellen; c Zellen des Zwischenröhrchenhorns.

VIII. DANKSAGUNG

Herzlich danken möchte ich

- Herrn Prof. Dr. J. Frewein für die Ueberlassung des Themas, die unverzügliche Ueberprüfung dieser Arbeit und die Korrektur des Manuskriptes.
- Herrn Prof. Dr. A. Pospischil für die Uebernahme des Korreferates.
- Herrn Dr. H. Geyer für die vorzügliche Betreuung und Leitung dieser Arbeit.
- Herrn Dr. Ch. Fricker für das grosszügige zur Verfügung stellen von genügend Zeit zur Verwirklichung dieser Arbeit.
- Firma Hoffmann-La Roche für einen finanziellen Beitrag.
- Herrn W. Steinmann für die Unterstützung beim Herstellen der Gewebeproben.
- Frau A. Hultegger und Frau U. Färber für die histologischen Laborarbeiten.
- Frau S. Pletscher für die Zeichnungen und die Zusammenstellung der Fotos.
- Frau A. Hug und Herrn J. Schwarz für die Entwicklung und Vergrösserung der Fotos.
- Frau M. Balushev für die sorgfältige Reinschrift dieser Arbeit.

IX. LEBENSLAUF

Name: Bucher Katharina

Heimatort: Humlikon ZH

Geboren: 25. Februar 1959

Eltern: Bucher Fritz

Bucher Anna, geborene de Waard

Ausbildung: 1966 - 1972	Primarschule in Bostetten
1972 - 1976	Bezirksschule in Endingen
1976 - 1980	Kantonsschule in Baden
1980	Kant. Maturitätsprüfung Typus B
1980 - 1985	Studium der Veterinärmedizin an der Universität Zürich
1985	Staatsexamen
seit Dez. 1985	Assistentin bei Dr. Ch. Fricker in Oberweningen,
gleichzeitig	Doktorandin am Veterinär- Anatomischen Institut der Universität Zürich

